[illegible]

ANATOMIE

PHYSIOLOGIE ANIMALES



[illegible]


22102059311

ANATOMIE

ET

PHYSIOLOGIE ANIMALES

11193

A MONSIEUR MATHIAS DUVAL,

Professeur à la Faculté de Médecine de Paris,
Membre de l'Académie de Médecine.

Permettez-moi, cher Maître, de placer ce livre sous le patronage de votre nom. Vous y trouverez bien des échos de votre enseignement si clair et si philosophique.

En publiant ces notions d'Anatomie et de Physiologie, je n'ai qu'un but : vulgariser cette science que vous aimez et qui vous doit tant.

Éd. Retterer.

ANATOMIE

ET

PHYSIOLOGIE ANIMALES

LA MATIÈRE VIVANTE

Les êtres vivants comparés aux corps bruts. L'évolution caractérise les êtres vivants. — Il existe dans la nature deux sortes de corps : des *corps bruts*, pierres ou minéraux, et des *êtres vivants*, tels que le chêne et le chien. Les êtres vivants se distinguent des minéraux en ce que les substances qui composent leur corps sont arrangées d'une façon spéciale, qui s'appelle l'*organisation*. De plus, ils descendent d'êtres semblables à eux, tandis que la pierre ou le minéral restent constamment les mêmes, à moins que des influences extérieures ne viennent à les changer ou à les détruire. Le chien, que nous prendrons comme exemple d'être vivant, naît, grandit, devient adulte, puis vieux, et enfin s'éteint et meurt. La succession de ces étapes, caractérisées par la *naissance*, la *croissance*, l'*état adulte*, la *vieillesse*, et la *mort*, porte le nom d'*évolution* (*evolvere*, se dérouler). Pendant toute la durée de sa vie, le chien est obligé de faire constamment des échanges avec le monde extérieur : il fait entrer de l'air dans son corps et en rejette ; il prend de l'eau, de la viande et d'autres substances : en un mot, il se nourrit. Quand la nutrition s'affaiblit et cesse, à la suite de maladies ou de l'âge, la *mort* ne tarde pas à s'ensuivre et elle se caractérise précisément par la cessation des divers actes précédents.

Ce que nous venons de dire du chien s'applique à l'homme et à tous les animaux. Les plantes se comportent d'une façon analogue,

bien que leur naissance et leur nutrition se fassent d'une manière quelque peu différente. L'étude des plantes et des animaux constitue la science de la vie ou *biologie* (*bios*, vie; *logos*, étude).

Développement et structure des êtres vivants. — *Tout être vivant provient d'un être vivant.* Il prend naissance aux dépens d'une petite masse de substance organisée et vivante, qui porte le nom de *cellule* en général; mais, dans le cas particulier, on appelle la cellule originelle l'*ovule* (*ovum*, œuf; *ovule*, petit œuf).

Ovule. — L'ovule (fig. 1) est composé : 1° d'une membrane d'enveloppe (*m*); 2° d'une substance transparente et granuleuse, qui constitue la partie essentielle, le corps même de l'ovule; on l'appelle *protoplasma* (*p*) (*protos*, premier; *plassein*, donner une forme); 3° d'une vésicule sphérique et brillante qui occupe la portion centrale du protoplasma : c'est le *noyau* (*n*).

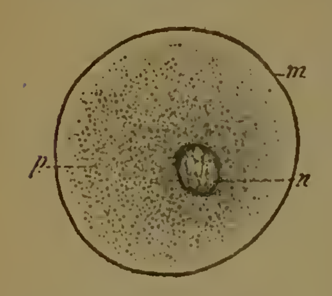


Fig. 1. — Ovule.

Ce qu'on appelle le *frai* de poisson, de grenouille, etc., ne représente qu'un amas d'ovules, réunis par une masse gélatineuse. Chaque petit corps sphérique, coloré en noir, du frai de grenouille, par exemple, est un ovule ayant la constitution décrite plus haut.

Le jaune de l'œuf de poule est un ovule dont le protoplasma est rempli par des tablettes de graisse. Le blanc de l'œuf qui enveloppe le jaune est une partie surajoutée, qui sert, comme les tablettes, à nourrir le jeune poulet pendant tout le temps que dure l'incubation. L'homme, le chien, le cheval et tous les animaux qui nourrissent leurs petits avec du lait, c'est-à-dire les *Mammifères*, ont également des ovules; mais ceux-ci n'atteignent que la taille de 1 à 2 dixièmes de millimètre.

Mode de formation des animaux aux dépens de cellules. — Nous avons à nous demander comment cette sphère, de volume si réduit, peut donner naissance à un être tel que la grenouille, le poulet ou le chien, et former un corps de dimensions parfois colossales, comme celui de l'éléphant ou de la baleine. La façon dont se construisent les animaux aux dépens de l'ovule peut être comparée grossièrement à la manière dont on bâtit une maison à l'aide de pierres de construction. On voit, en effet, l'ovule, à un moment donné, se diviser en deux petites masses ou cellules nouvelles, contenant chacune la moitié de la cellule primitive; puis les deux petites cellules ainsi formées continuent à grandir, à se

diviser de nouveau, et ainsi de suite pour les générations successives de cellules.

A mesure que se fait cette division, les cellules, réunies par une substance intermédiaire ou *ciment*, se juxtaposent comme les moellons d'un édifice et s'arrangent en amas, qui prennent la configuration des instruments de travail, outils ou *organes* du nouvel être.

Les phénomènes remarquables qui s'observent pendant la division de l'ovule et des cellules auxquelles il donne naissance, méritent d'être examinés de plus près.

Ces phénomènes expliquent cette vérité, connue de chacun, qu'un œuf de poule produit un poulet et non un canard, que le frai de grenouille donnera, non pas des poissons, mais des *têtards*, qui plus tard se transformeront eux-mêmes en grenouilles. En un mot, ils répandent quelque jour sur ce phénomène étonnant, bien que banal, qui consiste dans la ressemblance du jeune être avec ses parents. Il est connu sous le nom d'*hérédité*.

Structure de la cellule; sa division. — Le protoplasma et le noyau sont faits, bâtis pour ainsi dire, de deux substances distinctes, l'une transparente et l'autre formée de filaments : c'est ce qu'on appelle la *structure* (*structus*, bâti). Le noyau, en particulier, montre un filament qui est enroulé (fig. 2, 1) et qui, lorsque l'ovule est mis en présence du carmin, s'empare de ce colorant et se dessine comme un peloton rouge : on lui donne le nom de *filament chromatique* (*chroma*, couleur). A côté du noyau, mais plongées dans le protoplasma, existent, d'autre part, deux petites sphères, contenant chacune à son centre un corpuscule, appelé le *centrosome* (*soma*, corps). On donne à ces sphères le nom de *sphères directrices*, parce qu'elles président à la division de la cellule; c'est autour d'elles, jouant le rôle de centres, que la moitié du protoplasma et la moitié du noyau vont se grouper en deux points opposés de l'ovule ou de la cellule en général.

Lorsque la division va se faire (fig. 2, 2), on voit les deux sphères directrices quitter la place qu'elles occupaient à côté du noyau, s'éloigner l'une de l'autre et se placer en deux points opposés du noyau. En même temps, des stries ou fils en partent sous forme de rayons et chaque sphère prend l'aspect d'un soleil.

Pendant que ceci a lieu dans le protoplasma, le filament chromatique du noyau ne reste pas inactif : il se divise, comme si on le coupait en morceaux, en une série de tronçons, dont le nombre est toujours le même pour l'ovule d'un animal donné, soit 4, 6, 10, 20 ou 30. Pour simplifier, la figure n'en représente que 2.

Sur ces entrefaites, l'ovule a pris l'aspect suivant : les fils qui partent des sphères se dirigent vers le centre de la cellule à travers la substance du noyau ; en même temps, les tronçons du filament chromatique prennent la forme d'*anses* ou de *v* et se groupent à la surface du noyau suivant une ligne qui diviserait celui-ci en deux parties égales (équateur) (fig. 2, 3).

Peu à peu (fig. 2, 4) les fils des sphères s'étendent jusqu'au niveau de l'équateur à travers la substance du noyau et l'ensemble prend

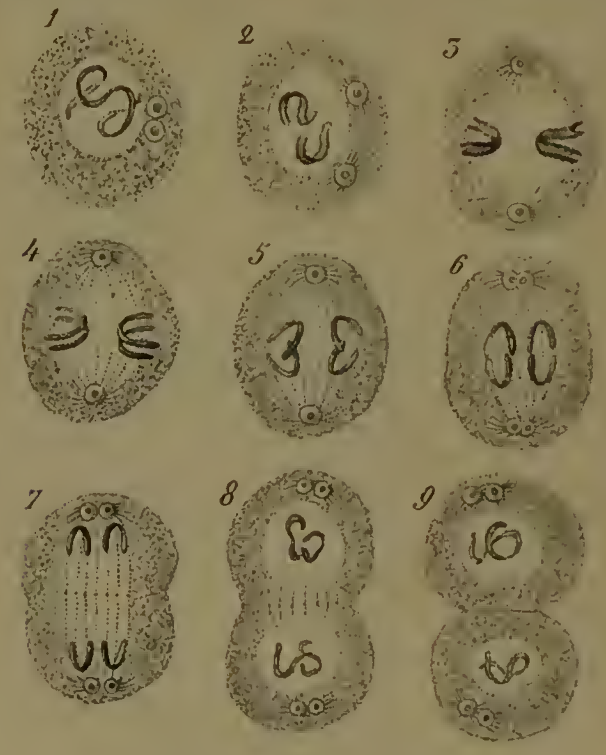


Fig. 2. — Division cellulaire.

la figure d'un vrai fuseau renflé au centre. En même temps, chaque anse chromatique se fend, non plus en travers, mais en long ; ce qui se comprend aisément, si je dis par anticipation que, chacun des deux futurs noyaux devant posséder la moitié du noyau primitif, il est nécessaire que chaque anse se divise en long. En effet, en coupant une corde en travers, on court le risque de faire un mauvais partage, si l'un des bouts est en plus mauvais état que l'autre ; qu'on la fende, au contraire, en long, les deux moitiés de la corde se ressembleront de tous points.

Le résultat de cette division longitudinale est que le nombre des anses a doublé : au lieu des deux tronçons du début, nous en avons quatre à présent (fig. 2, 4).

Lorsque ces phénomènes se sont passés, les anses se mettent en rapport avec les fils du fuseau et éprouvent un mouvement d'inclinaison tel, que le sommet de l'une des anses ou du *r* regarde la sphère directrice supérieure, tandis que celui de l'autre anse se tourne vers la sphère inférieure. Ainsi orientées, les anses chromatiques suivent la direction des fils du fuseau en cheminant et en se transportant aux pôles opposés (fig. 2, 5).

Aussitôt que les deux groupes d'anses se séparent l'un de l'autre, il apparait à chaque pôle du fuseau deux nouvelles sphères directrices (fig. 2, 6).

Ces faits montrent que, durant la division de l'ovule, le protoplasma et le noyau sont le siège de modifications et même de mouvements des plus actifs. Ceux qui ont surtout accordé un rôle prépondérant aux fils du fuseau de division, formé par le protoplasma, ont donné à la division cellulaire le nom de *cytodiérèse* (*cytos*, cellule ; *diérèse*, division). Ceux, au contraire, qui ont été frappés principalement par les mouvements accomplis par les filaments chromatiques, l'ont appelée la *caryokinèse* (*caryon*, noix, noyau ; *kinésis*, mouvement).

Quand ceci s'est passé, chaque moitié de noyau va constituer au pôle correspondant un noyau semblable à celui de la figure 1. A cet effet, les anses chromatiques (fig. 2, 7) se mettent bout à bout et reforment un filament qui se pelotonne : d'où un nouveau noyau, accompagné de deux sphères directrices (fig. 2, 8)

Quant au protoplasma de l'ovule, chaque moitié, à partir de l'équateur, se groupe autour du nouveau noyau comme centre; il en résulte, près de l'équateur, un étranglement qui donne à l'ensemble l'aspect d'un biscuit, puis d'un haltère; enfin le sillon circulaire se creuse de plus en plus jusqu'à ce que tout l'ovule soit séparé en deux. La figure 2 (9) montre cette séparation complète et l'achèvement de la division cellulaire, caractérisé par la formation de deux cellules de tous points semblables à l'ovule primitif.

Sur les œufs de grenouille, il est facile de voir à la loupe, et même à l'œil nu, un sillon qui fait le tour de l'œuf au point où les deux nouvelles cellules sont accolées. C'est en 1824 seulement que Prévost et Dumas ont découvert le sillon et les deux cellules nouvelles, qu'on a comparées à des *globes*, des *sphères* ou des *segments* : d'où le nom de *segmentation* donné à la division de l'œuf.

Embryon. — Les deux premiers segments (fig. 3, 1) se divisent à leur tour d'après un procédé analogue : il en résulte un amas de

quatre globes (fig. 3, 2); puis, les phénomènes continuant leur marche, on a une masse de cellules (fig. 3 et 4) ressemblant à une mûre et séparées les unes des autres par autant de sillons de segmentation. Mais, à cet état, on voit les cellules centrales s'écar-

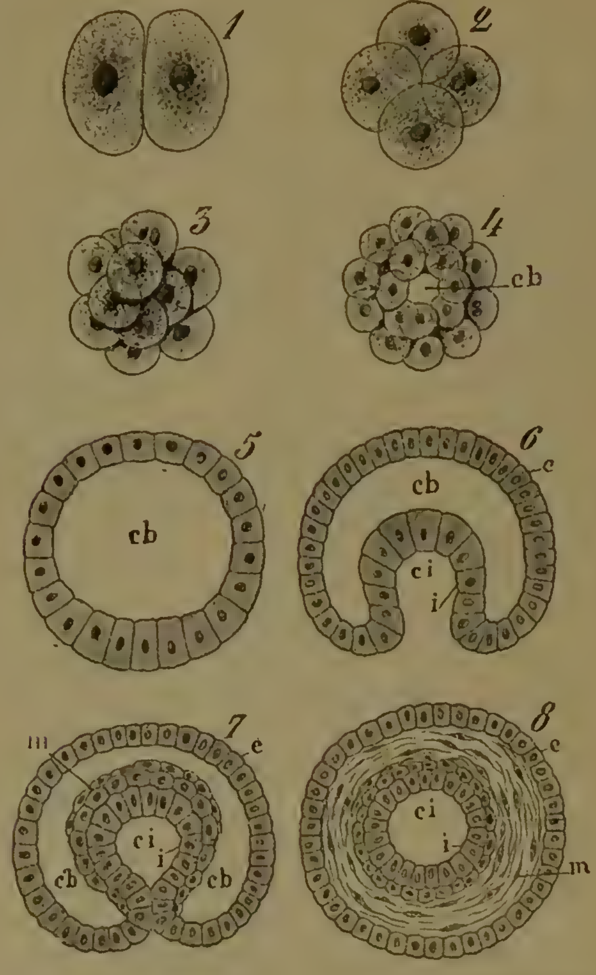


Fig. 3. — Formation de la peau et du tube digestif aux dépens de l'œuf.

ter les unes des autres et donner lieu, au centre (fig. 3, 4 et 5, *cb*), à une cavité dite de *segmentation*. Peu à peu toutes les cellules se pressent vers la périphérie et la cavité de segmentation devient de plus en plus grande.

Enfin, les cellules se rangent en une assise unique sous forme de membrane entourant de toutes parts la cavité centrale (fig. 3, 5, *cb*)

L'œuf est devenu une vésicule creuse. Il semble presque inutile de dire que la division des cellules continue plus active que jamais et agrandit les dimensions de la vésicule.

Celle-ci ne persiste pas longtemps dans cet état, parce qu'on voit bientôt sa moitié inférieure (fig. 5, 6), ou l'hémisphère inférieur, se déprimer en doigt de gant et pénétrer dans la cavité de segmentation et dans l'hémisphère supérieur. Il se forme ainsi une cavité nouvelle, qui est tout simplement la *cavité intestinale future* (*ci*). Remarquons que, grâce à cette dépression, l'enveloppe du nouvel être n'est plus constituée par une seule, mais par deux mem-

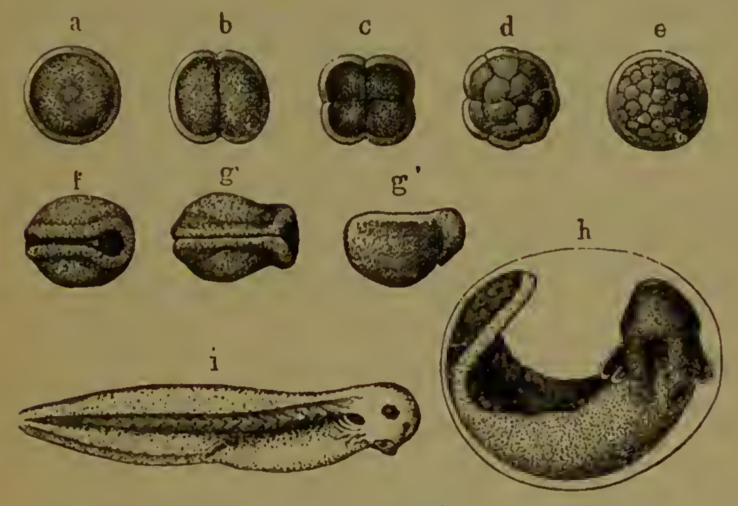


Fig. 4. — Formation de l'embryon aux dépens de l'œuf (grenouille).

a, œuf; *b*, division en deux segments; *c*, en quatre; *d* et *e*, nombreux segments (aspect mûriforme); *f*, embryon vu de dos, où s'est formée la gouttière médullaire; celle-ci se prononce en *g*; *g'*, embryon vu de profil avec la vésicule du jaune; *h*, embryon renfermé dans l'œuf; *i*, embryon après l'éclosion.

branes : l'extérieure (*e*) deviendra la couche superficielle de la peau : on l'appelle *ectoderme* (*ecto*, dehors; *derma*, peau), et l'intérieure (*i*), qui limite la cavité digestive, sera le revêtement du tube intestinal ou *entoderme* (*entos*, dedans). Ajoutons immédiatement que de nouvelles assises de cellules se formeront aux dépens de l'entoderme, combleront la cavité de segmentation (fig. 5, 7) et constitueront le *mésoderme* (*m*) (*mésos*, moyen).

Pendant que ces membranes se sont formées depuis le début figuré en 1 jusqu'à 8 (fig. 5), le nouvel être, appelé *embryon* (*bryon*, qui croît; *en*, dans), a perdu la forme sphérique; les cellules se sont groupées de façon à constituer une masse allongée à grosse extrémité antérieure et à queue effilée (fig. 4, *f*, *g*, *i*). Les deux

bords de la gouttière intestinale se sont rapprochés (fig. 3, 7 et 8) et se ferment de façon que le jeune être est parcouru par un tube central (*i*), le tube digestif, communiquant aux deux bouts seulement avec l'extérieur, tandis que l'ectoderme et le mésoderme l'entourent et lui constituent une enveloppe.

La cavité du tube digestif est en relation avec le reste du jaune de l'œuf, qui continue à nourrir l'embryon pendant le jeune âge (voir p. 436, fig. 303).

Telle est, rapidement esquissée, l'histoire de la formation des animaux aux dépens de l'ovule. Les anciens n'avaient aucune idée de ce développement : ils pensaient que dans l'œuf de poule, par exemple, le poulet existait tout formé, pourvu de tous ses organes, mais si petits, qu'ils échappaient à la vue. On donnait à cet être invisible le nom de *germe* ; celui-ci n'était, en somme, que le poulet en miniature, qui n'avait qu'à agrandir pour devenir poule.

Vers le milieu du XVIIIe siècle seulement, un médecin allemand, G.-F. Wolff, montra que le tube digestif apparait dans l'œuf sous la forme d'une membrane qui se creuse en gouttière, puis se ferme. Peu à peu on trouva les autres membranes, l'ectoderme et le mésoderme. Vers 1820, on découvrit l'ovule.

Sa division fut reconnue dès 1824, mais on ne pouvait s'expliquer son mode de segmentation.

Enfin, à partir de 1875 et grâce à des procédés plus perfectionnés, on se rendit compte des phénomènes complexes qui président à la division du noyau et de son protoplasma.

Hérédité. — En définitive, l'œuf ou l'ovule est une cellule pondue et détachée des parents, dont il possède toutes les propriétés. La segmentation a pour résultat de diviser en 2, en 4, en 8, etc., le protoplasma et le noyau; par ce procédé si simple, les cellules de ces nouvelles générations produisent des organes et, par suite, un corps semblable à celui des parents. Les diverses cellules de l'embryon, n'étant que des dérivés, particule par particule, de l'ovule, possèdent toutes les propriétés des parents : elles parcourent les mêmes phases et évoluent de la même façon C'est cette transmission directe qu'on appelle l'*hérédité* et qui nous donne la clef des qualités du protoplasma; mais elle nous renseigne aussi sur ses défauts, à savoir les *maladies héréditaires*.

Constitution du corps. — Éléments et tissus. — A mesure que l'ovule se divise, il se décompose en une série de segments ou cellules dont la forme est celle d'une masse polyédrique (fig. 3, 1 à 4). Celles-ci (fig. 3, 5) s'arrangent plus loin en une assise unique et

forment une membrane entièrement composée de cellules rangées les unes à côté des autres, comme les pavés d'une rue; on donne le nom de *cellules* ou d'*éléments épithéliaux* à ceux qui constituent des membranes par leur juxtaposition. Ces membranes (fig. 5) revêtent le plus souvent des surfaces ou des cavités; c'est ainsi que toute la superficie du corps est recouverte par une membrane, l'*épiderme* (*épi*, sur; *derma*, peau), composée de nombreuses couches de cellules épithéliales. La surface interne du tube digestif est tapissée, sur sa plus grande étendue, par une seule assise de cellules épithéliales. Dans ce dernier cas, l'épithélium est *simple*. Quand les assises superposées, comme dans l'épiderme, sont nombreuses, l'épithélium est *stratifié* (*stratus*, disposé en couches).

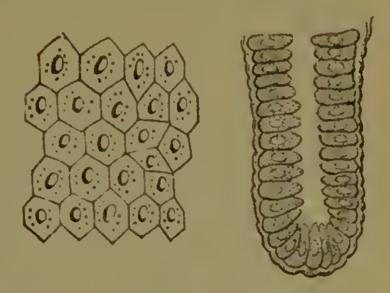


Fig. 5. — Cellules épithéliales : pavimenteuses (à gauche), cylindriques (à droite).

Les cellules épithéliales affectent les formes les plus variables, selon les régions : quand elles ressemblent à des pavés, elles sont *pavimenteuses*; quand elles ont l'aspect de prismes allongés ou de cylindres, elles sont dites *prismatiques* ou *cylindriques*. Elles peuvent s'aplatir en lamelles très minces, et former un *épithélium lamelleux*.

Les cellules jeunes qui forment la trame, ou la gangue, des organes sont d'abord arrondies : les unes restent en cet état; les autres prennent une forme étoilée; d'autres celle d'un fuseau; d'autres s'aplatissent, etc. Mais le fait intéressant consiste dans la production, dans le corps cellulaire ou protoplasma, de fins filaments formant un faisceau de fibrilles. En se mettant bout à bout, ces faisceaux de fibrilles donnent lieu à des fibres d'une grande longueur, dont le trajet est rectiligne dans les tendons, etc. Leur direction est onduleuse, comme les fils d'un écheveau, dans d'autres organes, où les fibres passent, en s'entre-croisant, les unes sur les autres et circonscrivent des mailles de grandeur variable (fig. 6). La disposition de l'ensemble donne l'impression d'une étoffe dont les diverses fibres auraient été tissées; de là le nom de *tissu* donné à l'arrangement des éléments du corps. Le tissu qui nous occupe a reçu le nom de *tissu conjonctif*, parce qu'il forme une sorte de gangue servant à réunir les autres tissus (*conjungere*, unir).

On a étendu ce terme à des cellules simplement juxtaposées, et

non pas enchevêtrées avec des filaments; les cellules épithéliales ainsi réunies constituent le *tissu épithélial.*

Outre les fibres conjonctives, qui ne font que s'entre-croiser, le tissu conjonctif contient des fibres ayant l'aspect de rubans et donnant à droite et à gauche des branches latérales qui vont s'aboucher avec des branches semblables, pour former un réseau. On les appelle les *fibres élastiques* (fig. 6, *fe*), parce que, allongées, elles reviennent, dès que la traction cesse, à leur première forme. Grâce à la présence des fibres élastiques, un pli fait à la peau, par exemple, disparaît et s'efface aussitôt que les doigts cessent d'agir.



Fig. 6. — Éléments du tissu conjonctif

cc, cellules arrondies et fusiformes; *fc*, fibre conjonctive; *fe*, fibre élastique; *l*, branches latérales.

D'autres cellules du jeune être s'allongent et s'aplatissent de façon à figurer un fuseau (fig. 7) effilé aux deux bouts. Le noyau lui-même prend cette forme et représente un bâtonnet étendu au centre du protoplasma (*p*), qui reste transparent. Aussi donne-t-on à ces cellules le nom de *fibres-cellules* ou de *tissu musculaire lisse*, par opposition à celui que nous allons décrire.

En effet, on voit des cellules, semblables d'abord aux précédentes, se diviser et former un cylindre de protoplasma avec plusieurs noyaux (fig. 8, 1 et 2). Plus tard, on découvre, sur la périphérie de ce cylindre qui s'allonge de plus en plus, une série de stries sombres alternant avec des intervalles plus clairs (fig. 8, 3). Cette modification s'étend sur tout le cylindre protoplasmique, sauf les noyaux; il prend donc l'apparence d'une fibre striée en travers ou *fibre musculaire striée*. Ces fibres, en se juxtaposant, constituent la chair des animaux, c'est-à-dire le *tissu musculaire*. Celui-ci se dispose en faisceaux plus ou moins épais, plus ou moins longs, et forme les *muscles*, qui s'attachent par des

cordes de fibres conjonctives (*tendons*) sur les os : sous l'influence de la volonté, les muscles deviennent plus courts (*se contractent*), déplacent les leviers osseux et produisent les mouvements.

Ainsi prennent naissance quelques tissus, tel que le *tissu épithélial*, le *tissu conjonctif*, le *tissu musculaire*, *lisse* et *strié*. Outre ceux-ci, les cellules du jeune être produisent un certain nombre d'autres tissus, comme les tissus *nerveux*, *vasculaire*, *cartilagineux*, *osseux*, etc. Nous en parlerons à propos des organes qu'ils servent à former.

Organes et appareils. — L'ovule, puis toutes les cellules de l'embryon, se nourrissent d'abord aux dépens du jaune, ou des liquides environnants, qui pénètrent à travers leur substance. Beaucoup d'êtres inférieurs restent toute la vie dans cet état : toutes les parties de leur corps sont capables de livrer passage aux substances alimentaires et de se mouvoir pour déplacer l'être. Nous avons vu que, chez l'embryon des animaux supérieurs, certaines cellules spéciales se disposent de façon à circonscrire une cavité qui accomplira seule ce travail de nutrition de tout le corps. On la nomme le *tube digestif*.

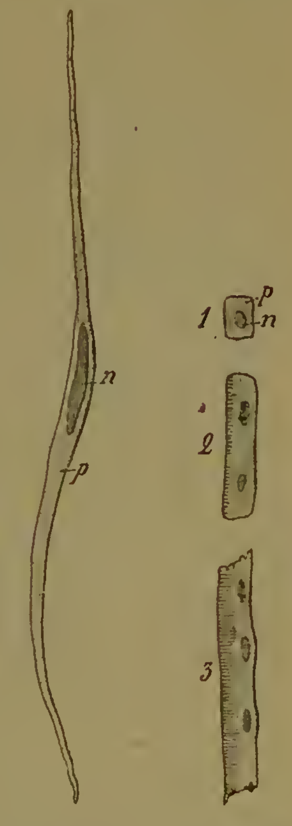


Fig. 7.— Fibre musculaire lisse, fusiforme.

Fig. 8. — Mode de formation du tissu musculaire strié.

Nous assistons là à une sorte de *division du travail*, à la suite de laquelle une portion spéciale du nouvel être préside aux échanges des matériaux nutritifs, solides et liquides. Certaines parties de ce canal, appelées *organes* (*organon*, outil), servent à triturer les aliments, d'autres préparent des sucs pour les dissoudre, de sorte qu'il existe une série d'organes travaillant à une même fin. L'ensemble des organes concourant à un même résultat porte le nom d'*appareil*, et le résultat est dit *fonction*. L'appareil digestif a pour fonction de préparer les éléments nutritifs et de les faire pénétrer dans le corps. Le liquide nourricier, ainsi préparé, doit être mis en contact avec les parties les plus éloignées

du corps. Aussi est-il reçu dans une série d'organes creux qui le transportent partout : on donne à l'ensemble de ces canaux, ou *vaisseaux*, le nom d'*appareil circulatoire*.

Au lieu de se faire par toute la surface du corps, comme chez les êtres inférieurs, les échanges gazeux entre l'organisme et l'atmosphère se limitent, chez les animaux supérieurs, à des organes spéciaux dérivant du tube digestif. On leur donne le nom d'organes *respiratoires*; ils sont composés essentiellement de deux *poumons* et forment, avec d'autres organes qui y sont annexés, l'*appareil respiratoire*.

Enfin le jeu même des organes, qui se nourrissent et fonctionnent, donne naissance à des déchets, qui doivent être éliminés; deux organes spéciaux, les *reins*, servent à rejeter ces matières de rebut constituant l'*urine*.

Tels sont les actes qui s'accomplissent dans le corps et dont le résultat est de le nourrir. Les organes de la nutrition se groupent pour former : 1° l'*appareil digestif*; 2° l'*appareil circulatoire*; 3° l'*appareil respiratoire*; 4° l'*appareil urinaire*.

Quant aux rapports que les animaux supérieurs affectent avec le monde extérieur, ils se font à l'aide d'une membrane qui se délimite à la surface de leur corps et qui s'appelle la *membrane tégumentaire* ou *peau*. Celle-ci reçoit le contact et les impressions des agents extérieurs et les transmet à l'aide de filaments analogues à des fils télégraphiques, les *nerfs*, à des organes centraux ou *centres nerveux*. La réunion des nerfs et des centres nerveux forme le système nerveux. Celui-ci dérive lui-même de la portion la plus superficielle de la peau, mais il s'est logé dans l'intérieur du corps, où il reçoit, emmagasine les impressions du dehors et les transforme en sensations. Tel est le mécanisme par lequel la surface du corps devient *sensible*. Ensuite le système nerveux central peut réagir, à l'aide d'autres nerfs, sur des organes (*muscles*) qui sont capables de changer de forme et d'opérer des déplacements ou *mouvements*. Mais, pour que les muscles puissent agir efficacement, il est nécessaire qu'ils s'attachent sur des leviers. Ceux-ci sont constitués par des organes durs, les *os*, formant la charpente du corps ou le *squelette*.

Voilà les organes qui établissent nos rapports avec les objets extérieurs. Ajoutons que, dans l'enveloppe tégumentaire elle-même, la division du travail a été poussée plus loin : certains points de la membrane qui tapisse la *bouche* nous font connaître les qualités sapides, ou *saveurs*, des matières alimentaires; une autre portion de celle qui revêt l'intérieur du *nez* nous fait sentir les *odeurs*; les *yeux* nous mettent en rapport avec la

lumière, et, les *oreilles* nous font percevoir les *vibrations sonores* des corps.

En un mot, les organes tégumentaires se divisent en organes des sens, qui sont le *toucher*, le *goût*, l'*odorat*, la *vue* et l'*ouïe*.

Les organes récepteurs des impressions forment le *système nerveux central* : la *moelle épinière*, logée dans la colonne vertébrale, l'*encéphale*, contenu dans le crâne, et le *système nerveux périphérique* ou nerfs, qui le mettent en relation avec les organes des sens et les muscles.

Les organes qui exécutent les mouvements se composent eux-mêmes : 1° d'*organes passifs* ou *os* formant le squelette; 2° d'*organes actifs* ou *muscles*.

ANATOMIE ET PHYSIOLOGIE
DU CORPS HUMAIN

PREMIÈRE PARTIE

ORGANISATION DE L'HOMME

Le corps de l'homme, considéré debout, présente une face ventrale, une face dorsale et deux faces latérales.

On y distingue un *tronc*, que surmontent le *cou* et la *tête*; quatre membres viennent se rattacher au tronc.

Le tronc se subdivise en : 1° une première partie, circonscrite par des arcs osseux ou *côtes* : on l'appelle la *poitrine* ou *thorax*; 2° une deuxième partie, qui est le *ventre* ou l'*abdomen*.

Des deux angles supérieurs du thorax naissent les deux *membres supérieurs* ou *thoraciques*, et aux deux angles inférieurs de l'abdomen sont appendus les deux *membres inférieurs* ou *abdominaux*.

La tête comprend une partie supérieure et antérieure ou *face*, et une partie supérieure et postérieure ou *crâne*.

Anatomie. — Pour connaître la forme et la disposition des organes, on se sert d'instruments tranchants (couteau, ciseaux, etc.), qui aident à séparer les diverses parties du corps les unes des autres, ce qui permet de mieux les étudier. On donne le nom d'*anatomie* (*temno*, je coupe; *ana*, parmi) à la science qui a pour objet la structure du corps des êtres vivants. Aujourd'hui on y joint l'emploi du *microscope*, qui montre les détails de structure échappant à l'œil nu.

Physiologie. — Pour connaître l'usage des organes, on les observe pendant qu'ils agissent. Pour mieux déterminer le rôle d'un organe, on l'enlève et on le supprime, ou bien on l'irrite et

on note ensuite les troubles consécutifs. C'est là ce qu'on appelle faire des *expériences*. Les maladies, en produisant des désordres dans le corps, sont une autre source d'expériences, pour ainsi dire toutes préparées. Par ces divers procédés, on arrive à connaître les phénomènes qui se manifestent dans les organes agissants. Cette branche de la biologie porte le nom de *physiologie* (*physis*, nature; *logos*, étude).

FONCTIONS DE NUTRITION

APPAREIL DIGESTIF

Nous commencerons l'étude spéciale de l'homme par l'anatomie et la physiologie du tube digestif. Nous avons vu (p. 7) comment certaines cellules de l'embryon forment une dépression, puis une gouttière et ensuite un canal renfermant les tablettes nutritives accumulées dans l'œuf. Ce canal traverse le corps du jeune être; il s'étend d'un orifice supérieur, la bouche, jusqu'à la partie inférieure du tronc. Il sert à recevoir les substances liquides et solides qui, après une série de transformations, feront partie du corps et contribueront à son accroissement et à sa nutrition.

ALIMENTS

Les matériaux que nous empruntons au monde extérieur, et qui sont aptes à faire partie intégrante de nos organes, sont appelés *aliments*. Nos organes se renouvelant incessamment, il va de soi que toutes les substances de composition analogue à celles de notre corps peuvent servir à constituer ou à réparer nos tissus.

Composition du corps humain. — Les principes essentiels qui constituent le corps humain sont : 1° l'*eau*, formée d'hydrogène et d'oxygène (H^2O); privé de son eau, le corps perd les deux tiers de son poids; 2° les *sels minéraux*, à l'état de carbonates, de phosphates et de sulfates de chaux et de magnésie, etc. Il convient d'insister tout particulièrement sur la présence du phosphate de chaux et du chlorure de sodium ou sel de cuisine; 3° des hydrocarboné ou hydrates de carbone, tels que les sucres ($C^6H^{12}O^6$); 4° des *corps gras*, à l'état de stéarine, de palmitine et d'oléine; 5° des *substances albuminoïdes*. Celles-ci sont de composition très complexe, mais renferment en proportions variables du carbone,

de l'hydrogène, de l'azote, de l'oxygène et du soufre. L'albuminoïde spécial du globule rouge du sang contient du fer. Les substances albuminoïdes sont la base même des cellules, des tissus, des organes, de la lymphe et du sang.

Substances alimentaires. — Quelques exemples de substances alimentaires montreront mieux que toutes les considérations combien nous nous conformons d'instinct à fournir à l'organisme les principes que nous venons d'énumérer succinctement.

Les substances albuminoïdes constituent les *aliments azotés*; le blanc d'œuf (*albumen*) en est le type, et c'est lui qui a donné son nom à tout ce groupe de matières caractérisées par la présence de l'azote. Ces substances sont, pour la plupart, comme le blanc d'œuf, coagulables par la chaleur. A côté du blanc d'œuf, citons la *viande*, empruntée également au règne animal; puis le *gluten*, qui se trouve dans le blé; la *légumine*, qui existe en forte proportion dans les haricots, les lentilles, les pois; la *caséine*, qui se trouve dans le lait et le fromage, etc.

Les *hydrocarbonés* proviennent surtout du règne végétal : c'est l'*amidon* (blé, graines des légumineuses); la *fécule* se trouve dans la pomme de terre.

Le *sucre de canne* nous est fourni par la canne à sucre, la betterave, etc.; mais les fruits et les boissons fermentées (vin, cidre, bière) nous donnent également du sucre (sucre *de raisin* ou *glycose*).

Nous consommons les corps gras sous forme d'*huiles*, de *beurre*, de *graisses* (lard). Enfin l'*eau* et les substances alimentaires précédentes renferment, pour la plupart, des principes minéraux dont le corps a besoin. Insistons sur ce fait considérable, que la privation de sels minéraux provoque dans le corps des troubles très profonds, de même que les végétaux périssent sur un sol privé de toute substance minérale.

Une substance albuminoïde est un aliment dit *simple*; il en est de même d'un hydrocarboné ou d'une graisse, ou de l'eau ou d'un principe minéral, tel que le sel de cuisine. Dans la nature, les substances alimentaires dont nous faisons usage renferment d'ordinaire plusieurs aliments simples : un morceau de pain de froment, par exemple, contient une certaine proportion d'albuminoïdes (le gluten), d'hydrocarbonés (l'amidon), de sels, dont le principal est le chlorure de sodium. En y ajoutant du beurre et en buvant de l'eau, l'on voit qu'on peut faire un repas complet avec le pain de froment.

L'instinct et le goût nous engagent à faire intervenir dans notre alimentation des substances, telles que la viande, le pain, le

fromage, la pomme de terre, dont l'association donne la proportion voulue des divers principes nécessaires à notre corps.

Idée générale du canal alimentaire. — Nous avons vu (p. 7 et 8) que le tube digestif se présente d'abord comme une dépression, comme une gouttière dont les bords, en se rapprochant, forment un *canal*, dit *alimentaire*. Au début, ce canal est un tube cylindrique, qui s'étend depuis la tête jusqu'à l'autre extrémité du tronc. Sur un embryon de mammifère, le canal alimentaire (fig. 9) commence par être cylindrique; plus tard, il présente un calibre et une forme variables selon les divers points de son parcours; à la bouche fait suite le *pharynx* (*ph*), qui se continue avec l'*œsophage* (*œ*); celui-ci précède un segment (*e*), qui commence à se dilater et à se recourber : c'est l'*estomac*; et enfin vient un tube à trajet presque rectiligne à cette époque, l'*intestin* (*i*). A mesure que l'embryon grandit, ces divers segments se modifient; l'estomac surtout devient un renflement notable et l'intestin s'allonge, de telle sorte qu'il est obligé de se contourner et de se replier sur lui-même pour se loger dans la cavité abdominale (fig. 9, 2). Le canal alimentaire atteint chez l'adulte une longueur de 10 à 11 mètres.

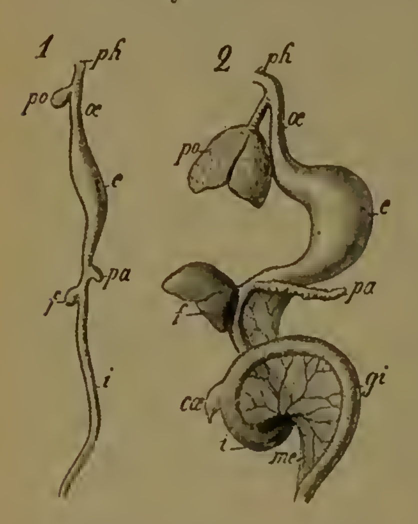


Fig. 9. — Ensemble du tube digestif à deux états de son développement.

1 *jeune*; 2. plus âgé : *ph*, pharynx; *po*, poumon; *œ*, œsophage; *e*, estomac; *pa*, pancréas; *f*, foie; *i*, intestin grêle; *gi*, intestin; *cœ*, cæcum; *me*, mésentère renfermant les vaisseaux et les nerfs qui vont à l'intestin.

Parmi les modifications les plus importantes qu'il subit pendant son développement, il convient de signaler une série de dépressions ou de bourgeonnement de ses parois qui donnent naissance à des organes qu'on appelle des *glandes* : ainsi se forment dans la cavité buccale les *glandes salivaires*; au niveau du pharynx, le *poumon* (*po*); au commencement de l'intestin, le *foie* (*f*) et le *pancréas* (*pa*).

Les parois du canal alimentaire sont formées de deux tuniques principales : l'interne et l'externe.

L'interne limite la lumière même du tube; c'est (fig. 11, *d* et *e*) une membrane molle, humectée d'un liquide plus ou moins visqueux, le *mucus* (*mucus*, morve); de là le nom de *muqueuses*

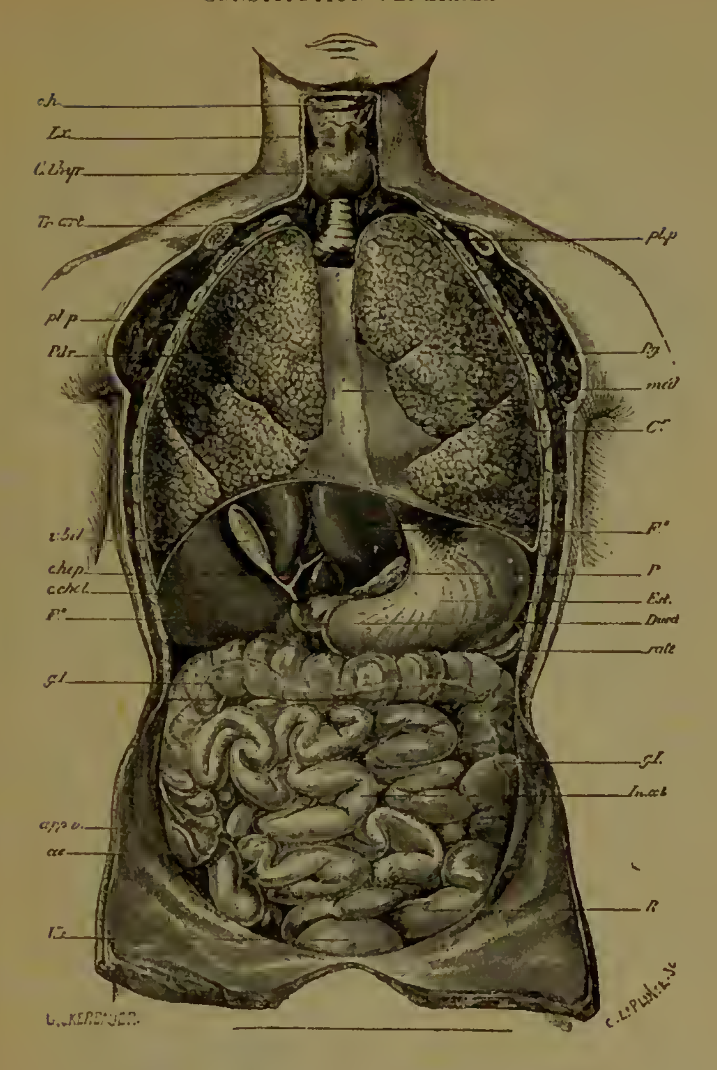


Fig. 10. — Vue d'ensemble des organes du cou, du thorax et de l'abdomen, après qu'on a enlevé la paroi ventrale de ces trois régions.

Cou. — *oh*, os hyoïde ; *lx*, cartilage thyroïde du larynx ; *G. thyr*, glande thyroïde ; *Tr. art*, trachée-artère.

Thorax. — *Pdr*, poumon droit ; *Pg*, poumon gauche ; *pl. p*, plèvre ; C^r, cœur ; *méd*, médiastin.

Abdomen. — F^e, foie ; *v. bil*, vésicule biliaire ; *c. hép*, conduit hépatique ; *c. chol*, canal cholédoque ; *P*, pancréas (qu'on a mis en évidence en le soulevant derrière la face postérieure de l'estomac) ; *Est*, estomac ; *Duod*, duodénum ; *rate*, rate ; *gl*, gros intestin ; *I. col*, intestin grêle (iléon) ; *cæ*, cæcum ; *app. v*, appendice vermiculaire ; *R*, commencement du rectum ; *Ves*, vessie.

donné à cette membrane et à toutes celles qui offrent ce caractère. En dehors de la muqueuse est la *tunique* externe, qui est *musculaire* (*tm*).

Idée de la structure du tube digestif. — La structure de ces tuniques varie selon les divers points du trajet du canal alimentaire. Si nous prenons comme exemple une section en travers d'un des segments, à partir de l'estomac, nous voyons que la muqueuse laisse reconnaître : 1° une assise de cellules épithéliales cylindriques (*e*) ; 2° une couche de tissu conjonctif condensé, le *derme* (*d*) ou *chorion* (*chorion*, membrane molle), qui devient de plus en plus lâche en approchant de la tunique musculaire. Celle-ci, dite la *musculeuse* (*tm*), est formée de deux couches de fibres musculaires lisses : l'interne présente des fibres à trajet circulaire, et l'externe des fibres à direction parallèle à celle du tube digestif, le tout enveloppé par le péritoine (*p*).



Fig. 11. — Paroi du tube digestif (coupe en travers) pour montrer les parties qui la composent.

En outre, l'épithélium de la muqueuse offre des prolongements en doigt de gant (*gl*) allant se loger dans le chorion et constituant les glandes propres de la muqueuse.

Cet épithélium est en contact direct avec les aliments ; il prépare, avec les glandes, des sucs agissant sur les substances alimentaires. La tunique musculaire, au contraire, en se resserrant, les fait cheminer de haut en bas en produisant le mouvement *péristaltique* (*péri*, autour ; *stalticos*, qui se resserre) ; d'autres fois, elle se contracte de bas en haut, pour les ramener à leur point de départ (*mouvement antipéristaltique* ; *anti*, contre).

Ajoutons que la partie du tube digestif qui précède l'estomac présente un épithélium pavimenteux stratifié et une tunique musculaire composée essentiellement de fibres striées.

Après cette étude générale du canal alimentaire, nous avons à examiner en détail la conformation et le rôle de chacun de ses segments.

BOUCHE

A l'entrée du tube digestif se trouve la *bouche*, appelée *palais* par les anciens et qui est dite aujourd'hui *cavité buccale* (*bucca*,

bouche). Celle-ci (fig. 12) présente un orifice antérieur ou buccal, limité par deux replis musculo-membraneux ou *lèvres*, qui sont

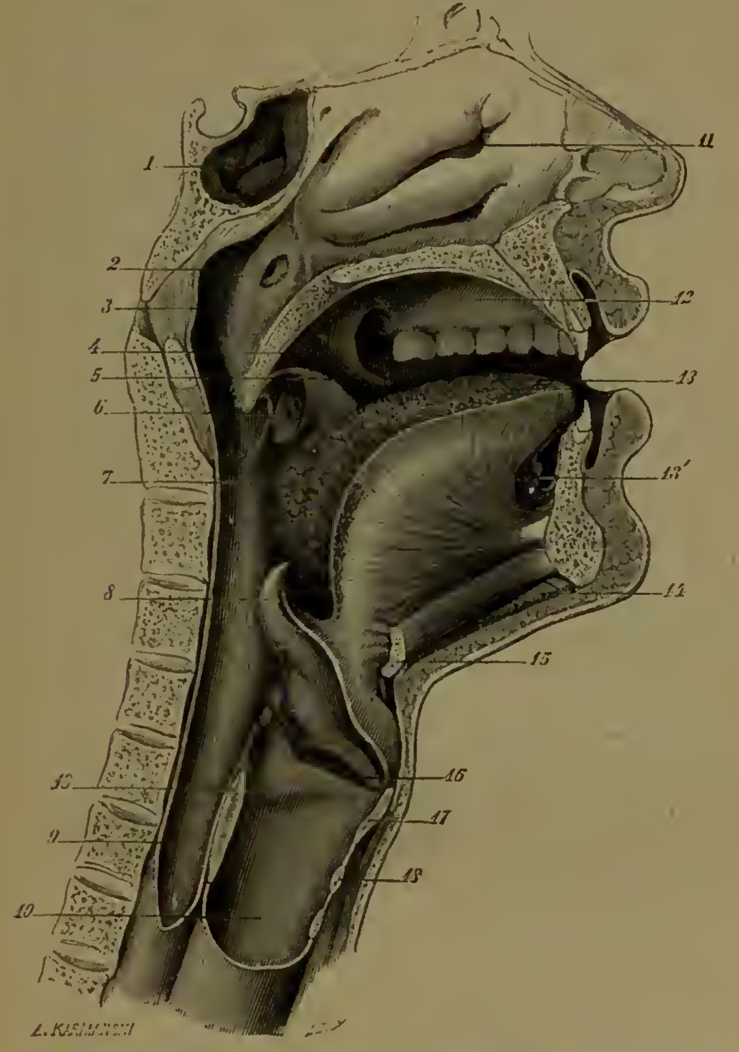


Fig. 12. — Coupe verticale et médiane de la face et du cou.

1, cavité ou sinus de l'os sphénoïde; 2, orifice de la trompe d'Eustache; 3, portion nasale du pharynx; 4, voile du palais; 5, pilier antérieur; 6, amygdale; 7, base de la langue; 8, épiglotte; 9, commencement de l'œsophage; 10, trachée-artère; 11, méat moyen des fosses nasales; 12, voûte palatine; 13, cavité buccale; 13′, muscle rattachant la langue à la mâchoire ou muscle *génio-glosse*; 14, muscle mylo-hyoïdien; 15, coupe de l'os hyoïde, d'où part un faisceau musculaire allant à la mâchoire (ou muscle génio-hyoïdien); 16, glotte; 17, cartilage thyroïde; 18 et 19, cartilage cricoïde.

capables de se rapprocher pour fermer l'ouverture ou de s'écarter pour l'agrandir. La cavité buccale elle-même a une paroi supérieure (fig. 12, 12), constituée par la voûte du palais ou voûte palatine; une paroi inférieure, formée par le plancher de la bouche et la langue (14); deux parois latérales, représentées par les joues.

Lorsque la bouche est largement ouverte, elle figure une cavité quadrilatère, présentant en avant l'orifice buccal et en arrière une ouverture plus étroite, l'*isthme du gosier*. La charpente de la bouche est formée : 1° par la *mâchoire inférieure* ou os maxillaire inférieur, qui est mobile; 2° par des os solidement fixés au crâne et constituant la *mâchoire supérieure*. Celle-ci est un massif osseux représenté par plusieurs pièces, dont la principale est le maxillaire supérieur (fig. 92, p. 155, et 106, p. 172).

Le maxillaire supérieur, en s'unissant par une lame horizontale, l'*apophyse palatine* (*ap*), à une lame semblable du maxillaire supérieur de l'autre côté, forme la *voûte palatine*, complétée en arrière par les *os palatins* (*p*). Le maxillaire inférieur a la forme d'un arc ou d'un fer à cheval ouvert en arrière; les extrémités postérieures des deux lames horizontales se redressent pour constituer une branche verticale ou *montante* allant s'unir avec l'os des tempes ou *temporal*.

Le maxillaire supérieur présente un bord inférieur creusé de cavités (*alvéoles*) dans lesquelles sont fixés des organes durs, les *dents*. Le bord supérieur du maxillaire inférieur est muni d'une rangée d'organes semblables. En rapprochant les deux mâchoires, c'est-à-dire en fermant la bouche, on met les deux rangées dentaires en contact immédiat et l'on divise la cavité buccale en deux cavités secondaires (vestibule et bouche proprement dite).

Les joues, qui forment les parois latérales de la bouche, sont des membranes qui s'étendent du maxillaire supérieur au bord inférieur du maxillaire inférieur. Elles sont composées, comme le reste du canal alimentaire, par la muqueuse et une couche musculaire. On voit enfin, en dehors des muscles, la peau recouvrant le tout. La muqueuse des joues, en arrivant près du bord libre des maxillaires, se réfléchit sur les arcades dentaires et se continue avec le tissu ferme qui revêt ces dernières et qui s'appelle *gencives*.

Le plancher de la bouche a une composition semblable à celle des joues.

La mâchoire inférieure s'unit au crâne, de telle façon que le corps de l'os puisse se rapprocher ou s'éloigner du maxillaire supérieur.

Articulation temporo-maxillaire. — Pour s'appliquer sur la base du crâne, les deux branches montantes du maxillaire inférieur présentent une saillie arrondie en haut (*condyle*), qui est reçue dans une cavité de l'os des tempes ou *temporal*. Les deux surfaces en contact ont un aspect lisse et leur concordance est établie par une sorte de tampon ou ménisque fibreux. Des liens fibreux, ou ligaments, rattachent le condyle au temporal.

Lorsqu'on ouvre la bouche, le condyle tourne d'arrière en avant dans la cavité du temporal, et plus il s'avance, plus l'écartement des deux mâchoires devient considérable. L'abaissement de la mâchoire inférieure permet ainsi l'introduction des aliments dans la bouche.

Il est effectué par divers muscles, dont l'extrémité antérieure vient s'attacher du côté du menton.

L'élévation de la mâchoire inférieure exige des agents beaucoup plus puissants, parce qu'il est nécessaire d'appliquer énergiquement l'arcade dentaire inférieure contre la supérieure et de triturer les substances qui leur sont interposées. Ces muscles méritent une courte description.

Muscles masticateurs. — En regardant la figure 13, on voit deux muscles, l'un supérieur, situé dans la région de la tempe, et l'autre à la face externe de la mâchoire inférieure. Le premier (8) s'appelle le *temporal* ; le second (7), le *masséter* (*massaomaï*, je mâche). Le temporal s'attache en haut sur la fosse temporale et, après avoir passé sous un arc osseux, arcade *zygomatique* (*zygomata*, barre transversale ou joug), qui réunit l'os temporal à la pommette, il va s'insérer par une corde fibreuse (*tendon*) sur le prolongement antérieur de la branche montante (*apophyse coronoïde*) du maxillaire inférieur.

En mettant le doigt sur la tempe et en rapprochant énergiquement la mâchoire inférieure de la supérieure, on peut reconnaître le durcissement des fibres du muscle temporal, accompagné de son raccourcissement (*contraction*).

Le *masséter* (fig. 13, 7) s'attache en haut sur l'arcade zygomatique et en bas sur la face externe de la branche montante. Ses contractions sont aussi faciles à percevoir que celles du temporal.

Outre ces deux muscles élévateurs, il en existe un autre en dedans de la branche montante du maxillaire inférieur : il s'attache sur la face interne de la branche montante, comme le masséter sur la face externe, et va en haut s'insérer dans une fosse formée par deux lames ou ailes osseuses de la base du crâne ; elles sont dites apophyses *ptérygoïdes* (*ptéryx*, aile). De là le nom

du muscle *ptérygoïdien* ou *masséter interne* donné au muscle précédent.

En dehors de celui-ci s'en trouve un second, qui est dit *ptérygoïdien externe*; mais, au lieu d'élever la mâchoire, il la porte *latéralement* ou *en avant*.

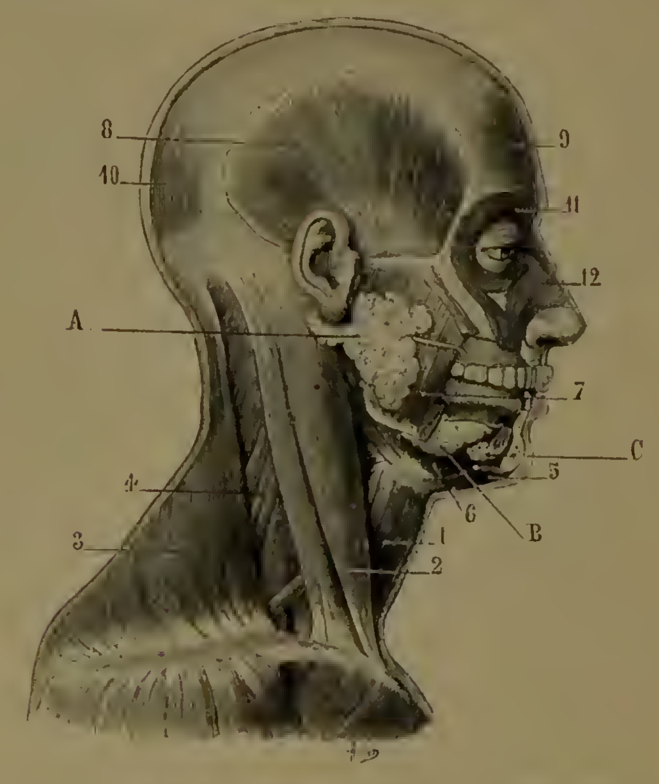


Fig. 15. — Glandes salivaires, muscles de la tête et du cou

A, glande parotide avec le canal de Sténon; B, glande sous-maxillaire droite et canal de Wharton; elle est visible parce qu'on a enlevé une portion de la mâchoire inférieure; C, sublinguale, avec ses conduits excréteurs.

1, muscles sous-hyoïdiens; 2, muscle sterno-mastoïdien; 3, muscle trapèze; 4, muscles profonds du cou; 5, muscle digastrique; 6, muscle mylo-hyoïdien; 7, muscle masséter; 8, muscle temporal; 9, muscle frontal; 10, muscle occipital; 11, muscle orbiculaire des paupières; 12, muscles du nez.

Si les substances alimentaires sont résistantes, les muscles masséter, temporal, ptérygoïdien interne et externe entrent en action pour faire exécuter divers mouvements à la mâchoire inférieure. Les deux premiers muscles, en élevant cet os, rapprochent vigoureusement les arcades dentaires et divisent les aliments. Le

ptérygoïdien externe imprime à la mâchoire de légers mouvements de latéralité, de sorte que les dents molaires broient les aliments à la façon d'une meule.

L'action combinée de ces divers muscles a pour résultat la trituration des aliments. De là le nom de muscles *masticateurs* donné à ces organes produisant les mouvements essentiels de la mastication.

Glandes salivaires. — La cavité buccale est humectée, surtout à l'instant où les aliments y arrivent, par un liquide, la *salive*. D'où vient-elle?

Siège des glandes salivaires. — Sur le pourtour de la mâchoire inférieure se trouvent groupés une série d'organes d'apparence granuleuse, qui ont reçu le nom de *glandes salivaires*. Lorsqu'on a enlevé la peau, comme le montre la figure 15, on voit, près du pavillon de l'oreille et au devant de lui, une masse glanduleuse, qui s'appelle *parotide* (A) (*para*, auprès; *ous, otos*, oreille).

Plus en avant et sous la mâchoire, on aperçoit deux autres masses, dont la postérieure (B) est dite *sous-maxillaire*, tandis que l'antérieure se nomme *sublinguale* (C), parce qu'elle est située sous la pointe de la langue.

Les anciens connaissaient la parotide et la sous-maxillaire et ils appelaient ces organes des *glandes*, parce que leur forme rappelait plus ou moins celle du gland de chêne. Ils pensaient que les glandes séparaient du sang les humeurs superflues; mais ni les anatomistes de l'Antiquité ni ceux de la Renaissance ne pouvaient s'expliquer comment les glandes salivaires versaient la salive dans la bouche.

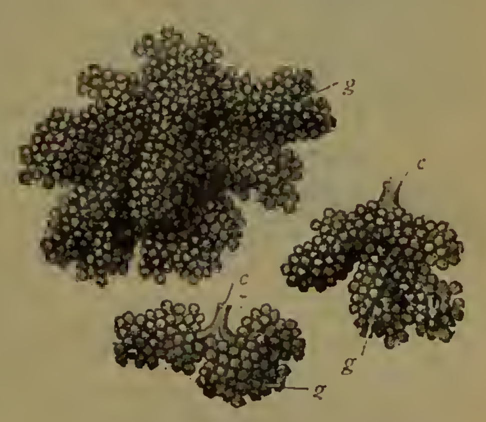


Fig. 14. — Trois lobules ou portions de glandes salivaires.

c, c, conduits excréteurs; *g*, grains ou acini appendus aux conduits excréteurs.

Le médecin anglais Th. Wharton découvrit, en 1656, un conduit allant de la sous-maxillaire vers la muqueuse buccale, mais il en méconnut la nature.

Le médecin, d'origine danoise, Sténon, découvrit, vers le milieu du XVIIe siècle, le canal qui part de la parotide, suit la face externe

du massèter, traverse la joue de dehors en dedans et verse la salive dans la bouche.

Enfin, vers la fin du XVIIe siècle (1679), le médecin allemand Bachmann, connu sous le nom latinisé de Rivinus, vit quelques-uns des conduits multiples (15 à 20) qui excrètent la salive des glandes sublinguales.

Telles sont les glandes salivaires. Elles sont remarquables par leur volume et leurs conduits excréteurs. La parotide pèse 25 grammes environ, et son canal excréteur ou *conduit de Sténon*, qui aboutit près de la première grosse molaire supérieure, a 3 millimètres d'épaisseur. La sous-maxillaire ne pèse que 6 grammes et son conduit excréteur ou *canal de Wharton* arrive sur les côtés du frein de la langue; enfin les sublinguales, plus petites encore, versent leur contenu dans le voisinage de l'orifice du canal de Wharton.

Glandes intra-buccales. — Outre ces grosses glandes, il y en a des milliers d'autres, logées dans l'épaisseur de la muqueuse buccale. Selon leur siège, on les distingue en glandes de la lèvre, de la joue, de la voûte palatine et de la langue. Ces glandes de la muqueuse buccale ne dépassent pas en général la grosseur d'un grain de millet.



Fig. 15. — Portion d'une glande salivaire (en grappe, vue à la loupe).

c, c, conduits excréteurs sur lesquels se branchent des conduits plus fins *e, e*; *g, g*, grains ou acini glandulaires.

Structure des glandes salivaires. — Comment sont formés ces divers organes et comment fonctionnent-ils?

Si l'on suit le canal excréteur en allant de la bouche vers la glande, on le voit se diviser (fig. 14 et 15) en conduits plus fins, qui se subdivisent, comme les branches d'un arbre, en rameaux et en ramuscules. Ces derniers aboutissent enfin à des grains ressemblant chacun à un grain de raisin (*acinus*, grain). Les grains glandulaires sont entourés de tissu conjonctif lâche, de vaisseaux et de nerfs. Comme tous les grains se ressemblent, il nous suffit d'en examiner un seul pour connaître la structure de tout l'organe.

Lorsqu'on examine la section d'un acinus à un grossissement très fort, on voit qu'il se décompose en une série de conduits plus

fins (fig. 16). Chacun de ces conduits a un trajet sinueux, un aspect bosselé et se termine en cul-de-sac. Chaque cul-de-sac est composé d'une paroi conjonctive (*cj*) revêtue intérieurement d'une assise de cellules épithéliales. Les vaisseaux sanguins arrivent jusqu'auprès de la paroi conjonctive, sans la perforer jamais. Ce fait suffit pour montrer l'erreur de ceux qui pensaient que les capillaires sanguins eux-mêmes se continuaient avec les conduits excréteurs des glandes et y déversaient une partie du sang pour former le liquide excrété. Aujourd'hui nous savons positivement comment les glandes salivaires préparent la salive.

A cet effet, il importe d'examiner de plus près les cellules épithéliales des acini. Parmi ces dernières, il y en a qui ont la forme et la structure de cellules, telles qu'on en trouve dans l'épithélium des muqueuses et de l'intestin en particulier. Ce sont des cylindres ou des prismes (fig. 16, *p*) munis d'un beau noyau (*n*). Les unes (*p*) sont pleines et remplies d'un protoplasma granuleux; les autres montrent dans leur bout superficiel ou libre une petite masse d'une substance transparente, se gonflant dans l'eau, le *mucus*; d'autres encore (*mu*) sont remplies d'un bouchon de mucus, qui fait saillie au dehors; enfin, en (*v*), on en voit une qui s'est vidée de son bouchon. Elle a l'aspect d'un calice, dont le fond est occupé par le noyau et le reste du protoplasma : d'où le nom de *cellule caliciforme*.



Fig. 16. — Cellules glandulaires muqueuses.

p, cellule pleine; *mu*, mucus; *v*, cellule en forme de calice; *cj*, tissu conjonctif qui supporte les cellules glandulaires.

Une seule et même cellule est capable de passer par ces divers états; son protoplasma produit et élabore, en choisissant dans le sang les matériaux nécessaires, le mucus, et le verse ensuite à la surface de la muqueuse. Cet acte de la cellule, ce travail particulier de son protoplasma est la *sécrétion* (*secernere*, choisir, séparer). Une fois que la cellule a travaillé ainsi et qu'elle est devenue caliciforme, le reste de son protoplasma s'accroît, grandit jusqu'à ce qu'elle ait repris la forme cylindrique, apte à produire à nouveau du mucus.

Supposons les acini d'une glande revêtus uniquement de cellules semblables aux précédentes, nous aurons une glande formant du mucus, une *glande muqueuse*, telle que la sous-maxillaire de plusieurs animaux domestiques.

Mais il y a des cellules épithéliales qui fonctionnent un peu différemment. Dans la parotide de l'homme, le protoplasma granuleux des cellules épithéliales produit un liquide clair, se montrant d'abord sous forme de vacuoles. Celles-ci crèvent et entraînent les substances élaborées par le protoplasma cellulaire. Ce sont là les *glandes séreuses* ou *albumineuses*.

D'autres fois on trouve les cellules muqueuses et les cellules albumineuses ou séreuses côte à côte dans le cul-de-sac de l'acinus glandulaire. C'est le cas des glandes sublingales et sous-maxillaires de l'homme. On les appelle les *glandes mixtes*.

Usages des glandes salivaires. — Le grand médecin et physiologiste français Claude Bernard isola, vers le milieu de ce siècle, le conduit excréteur de chaque glande salivaire et put recueillir séparément la salive de la parotide, de la sous-maxillaire et des sublinguales. Chacune de ces salives offre des propriétés particulières. La salive parotidienne est très fluide et coulante, puisqu'elle n'est produite que par des cellules granuleuses; comme la plupart des liquides de l'organisme, elle est alcaline, grâce aux sels alcalins. Elle s'écoule surtout pendant les mouvements de la mastication, et l'examen comparé des divers animaux fait voir que la glande parotidienne est d'autant plus volumineuse que les aliments sont plus difficiles à broyer (bœuf, cheval). Aussi la parotide est-elle regardée à juste titre comme la glande dont le liquide sert à imprégner les aliments pendant leur trituration : elle est la *glande de la mastication*.

La glande sous-maxillaire, étant une glande mixte, donne une salive visqueuse et filante; chacun sait qu'un aliment sapide ou de haut goût, déposé sur la langue, amène un jet de salive de chaque côté du frein de la langue. Cette expérience si simple, que nous expliquerons plus loin, montre que la sous-maxillaire est la *glande de la gustation*. Aussi la voit-on très volumineuse chez le chien et le chat (carnivores), et très réduite chez le coq, qui avale les graines sans les broyer.

Les glandes sublinguales, comme les autres petites glandes buccales, sont également des glandes mixtes et fournissent une salive visqueuse, renfermant beaucoup de mucus. Cette salive semble également servir au goût, mais elle est très utile surtout pour agglutiner les particules alimentaires et enduire le bol alimentaire d'une humeur qui facilite son glissement pendant la déglutition.

A côté de ce rôle mécanique, la salive a encore un usage chimique. Elle renferme en effet, outre l'eau et les sels, une substance particulière, de nature albuminoïde, provenant probablement de

la cellule épithéliale et capable de modifier l'amidon, de façon à le transformer en une matière soluble, le sucre d'amidon ou *glucose*. On appelle cette substance *diastase animale* (*diastasis*, séparation) ou *ptyaline* (*ptyalon*, salive) ; elle fait partie du groupe des substances dites *ferments solubles*, telles que celle (diastase) qui se forme dans l'orge en train de germer et qui transforme l'amidon en sucre. Il est certain qu'en raison du court séjour des aliments dans la bouche, les substances amylacées y sont peu modifiées; cependant la ptyaline semble continuer son action plus loin, c'est-à-dire jusque dans l'estomac.

Réflexe de la sécrétion salivaire. — Comment se fait-il que la présence des aliments dans la bouche réveille le fonctionnement des glandes salivaires et active l'écoulement de la salive?

C'est là un phénomène de sympathie, qu'on désigne sous le nom d'*acte réflexe*. Nous allons prendre comme exemple la sous-

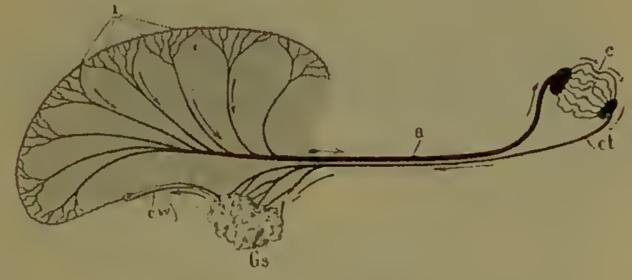


Fig. 17. — Réflexe salivaire.

maxillaire, dont nous avons déjà parlé plus haut. La figure 17 montre en *a* un nerf, qui va se distribuer en partie dans la langue : c'est le nerf *lingual*. Il renferme des filets nerveux qui partent des centres nerveux ou encéphaliques et donnent la *sensibilité* à la muqueuse linguale. Cela signifie que le contact d'un corps à la surface de la langue (*i*) donne lieu à une impression, que le nerf transmet selon les flèches d'en haut au centre (*c*). Outre ces filets *centripètes* (*petere*, gagner), le lingual reçoit, grâce à un gros tronc nerveux, qui passe en dedans de la membrane du tympan et qui est dit la *corde du tympan* (*ct*), des filets qui, d'abord accolés au nerf lingual, le quittent pour se rendre à la glande sous-maxillaire (Gs). L'impression périphérique, arrivée au centre (*c*), y est transformée en un mouvement qui passe par les filets de la corde du tympan et se réfléchit de dedans en dehors jusque sur la glande sous-maxillaire. C'est là l'*acte réflexe* qui explique que le contact d'un corps sapide sur la langue amène une sécrétion et

l'écoulement de la salive sous-maxillaire par le canal de Wharton (*cw*). Après la section de la corde du tympan, le vinaigre mis dans la bouche ne fait plus couler la salive par le canal de Wharton.

La sécrétion salivaire est un acte cellulaire. — En excitant, d'autre part, par l'électricité, la corde du tympan, on provoque également une sécrétion abondante dans la glande sous-maxillaire. M. Heidenhain et M. Ranvier sont arrivés par ce procédé à surprendre le mécanisme de la sécrétion. Excitant suffisamment la sous-maxillaire d'un animal du côté gauche, ils ont fait travailler les cellules épithéliales jusqu'à leur épuisement complet; puis, comparant l'état des culs-de-sac glandulaires, après cette période d'activité, à ceux de la glande du côté droit qui était restée au repos,

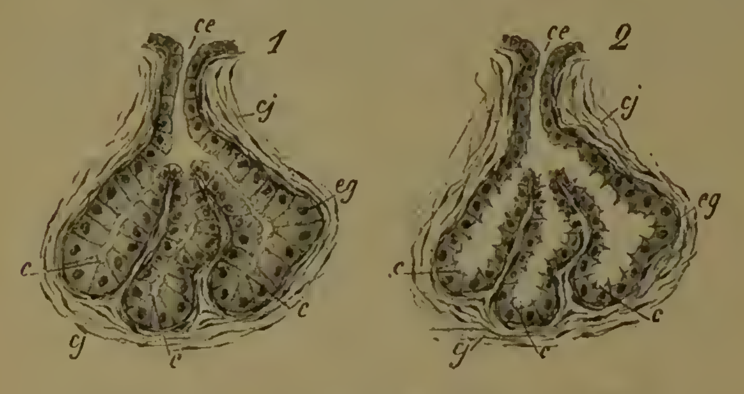


Fig. 18. — Deux portions de glandes salivaires (très grossies).

1, *avant* la sécrétion; *c*, cellules glandulaires *hautes*; 2, *après* la sécrétion; *c*, cellules glandulaires *basses*; *eg*, portion adhérente de la cellule; *ce*, canal excréteur; *cj*, tissu conjonctif formant la paroi propre du cul-de-sac glandulaire.

ils ont vu que les cellules de la glande au repos (fig. 18, 1) étaient hautes et volumineuses, tandis que les cellules de la glande qui venait de fonctionner étaient basses (fig. 18, 2). L'extrémité de la cellule tournée vers la lumière du cul-de-sac ou extrémité libre de la cellule avait disparu, en fournissant les éléments de la salive.

Il importe d'ajouter que les cellules épithéliales des glandes empruntent au sang les liquides dont elles ont besoin pour se refaire et pour élaborer les principes sécrétés. Chacune choisit ainsi dans le sang les principes particuliers qui sont propres à chaque sécrétion. Ce choix explique comment beaucoup de substances et de sels, tels que le mercure, l'iodure de potassium, apparaissent dans la salive dès qu'on les a ingérés sous forme de médicaments et qu'ils ont été absorbés dans le tube digestif ou par la peau,

DENTS

Dents. — Le bord inférieur du maxillaire supérieur et le bord supérieur du maxillaire inférieur sont garnis d'une rangée d'or-

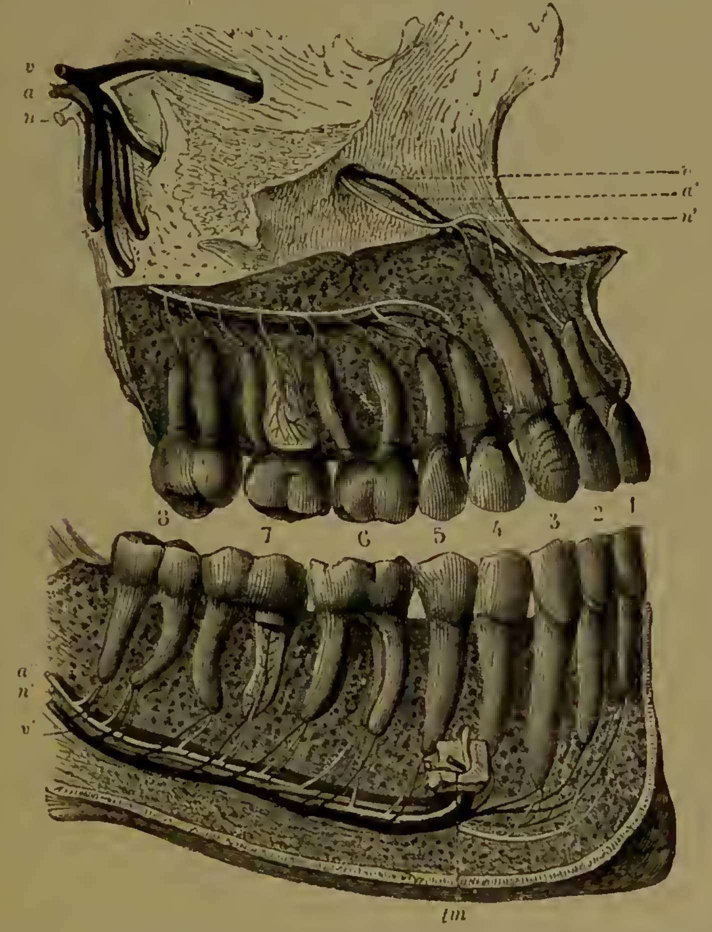


Fig. 19. — Dents de l'homme vues de profil, après qu'on a enlevé la table externe de l'os des mâchoires droites.

1 et 2, incisives; 3, canines; 4 et 5, petites molaires; 6, 7, 8, grosses molaires; *v*, *a*, *n*, veines, artères et nerfs allant aux molaires supérieures; *v'*, *a'*, *n'*, vaisseaux et nerfs allant aux incisives et aux canines supérieures; *v''*, *a''*, *n''*, vaisseaux et nerfs allant aux dents de la mâchoire inférieure; *tm*, trou, dit *mentonnier*, livrant passage aux vaisseaux et aux nerfs se rendant au menton.

ganes plus durs que l'os, les *dents*. Chez l'adulte, les dents sont formées d'une partie libre, la *couronne*, et d'une partie enfoncée

dans la mâchoire, la *racine*. Au point de jonction de la couronne et de la racine (fig. 19), on remarque un léger étranglement, le *collet* de la dent. La cavité du maxillaire qui reçoit la racine est dite *alvéole* (*alveolus*, petit vase).

La forme de la couronne varie selon les dents que l'on considère. En comptant les dents sur une moitié de mâchoire (fig. 20 et 21), on trouve, d'avant en arrière, trois sortes de dents. En partant de la ligne médiane, on voit deux dents dont la couronne a la forme d'une lame aplatie d'avant en arrière et à bord tranchant : ce sont les *incisives* (*incidere*, couper). En les représentant sur chaque moitié de mâchoire, on a 2 incisives sur le maxillaire supérieur et 2 sur le maxillaire inférieur (fig. 19, 1 et 2); d'où la formule I. $\frac{2}{2}$. En dehors et en arrière de l'incisive externe ou latérale se trouve une dent à couronne conique ou pointue (fig. 19, 3) : c'est la *canine* (*canis*, chien, où cette dent est caractéristique). C. $\frac{1}{1}$.

En arrière de la canine existent deux dents à couronne plus ou moins cylindrique, et en forme de meule (fig. 19, 4 et 5) : ce sont les deux petites molaires (*mola*, meule); leur surface est surmontée de deux saillies, l'une interne et l'autre externe : d'où le nom de *bicuspidées* (*cuspis*, pointe). P. M. $\frac{2}{2}$.

Enfin derrière les petites molaires on voit trois dents dont la couronne cubique est munie de trois à cinq tubercules, arrondis et séparés par des creux : ce sont les *grosses molaires* ou *multicuspidées* (fig. 19, 6, 7, 8). G. M. $\frac{3}{3}$.

Si nous récapitulons le nombre des dents sur chaque demi-mâchoire, nous arrivons à la formule dentaire suivante :

$$\text{I. } \frac{2}{2}, \ \text{C. } \frac{1}{1}, \ \text{P. M. } \frac{2}{2}, \ \text{G. M. } \frac{3}{3} = \frac{8}{8}.$$

et si nous multiplions par deux, le nombre total des dents sera de 32, qui se décomposent pour chaque mâchoire :

$$\text{I. } \frac{4}{4}, \ \text{C. } \frac{2}{2}, \ \text{P. M. } \frac{4}{4}, \ \text{G. M. } \frac{6}{6} = \frac{16}{16}.$$

Les incisives et les canines n'ont chacune qu'une seule racine ; la canine supérieure se distingue par la longueur de sa racine,

qui se prolonge du côté de l'orbite : d'où le nom de *dent de l'œil* ou *œillère* sous lequel on la désigne vulgairement. Les petites molaires ont habituellement une seule racine, bien que les supé-



Fig. 20. — Moitié droite de la mâchoire inférieure montrant l'arcade dentaire.

rieures présentent souvent une racine bifurquée au sommet. Enfin, les grosses molaires sont pourvues de deux racines pour la mâ-



Fig. 21. — Moitié droite de la mâchoire supérieure, dont les pièces osseuses *p*, *l*, *i* forment la voûte du palais. On voit la couronne des incisives (1), des canines (2), des petites molaires (3) et des grosses molaires (4).

choire inférieure et de trois racines pour la mâchoire supérieure (fig. 22).

Constitution des dents. — En cassant une dent *fraîche*, on voit qu'elle se compose (fig. 22 et 23) d'une partie centrale molle, qui s'étend du centre de la couronne jusqu'au bout de la racine,

ou des racines quand il y en a plusieurs : c'est la *pulpe* ou *papille dentaire*, renfermée dans la cavité dentaire (*d*). La papille est entourée de toutes parts, aussi bien dans la couronne que dans la racine, d'une substance dure, privée de vaisseaux sanguins et qui porte le nom d'*ivoire* ou de *dentine* (*c*). Sur la couronne, l'ivoire est revêtu d'une coque de substance dure, mais très cassante, l'*émail* (*b*), dont la surface est tapissée par une cuticule, dite *cuticule de l'émail* (*cuticula*, petite enveloppe).

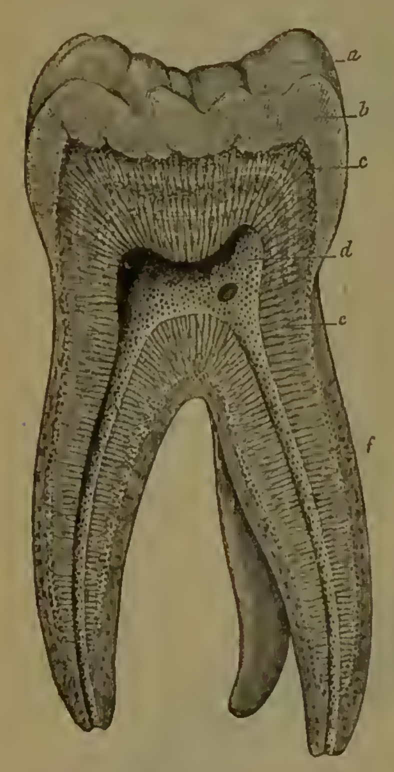


Fig. 22. — Section verticale d'une grosse molaire.

a, surface de la couronne ; *b*, émail ; *c*, ivoire ; *d*, cavité qui, sur une dent fraîche, est remplie par la papille dentaire ; *f*, cortical osseux ou ciment.

Dans la racine, l'ivoire est entouré, non d'émail, mais d'une couche de substance osseuse, qu'on a comparée à une écorce osseuse, et appelée *cortical osseux*, ou bien à un ciment réunissant la dent à l'alvéole : d'où le nom de *cément* (*cæmentum*, moellon). Ce dernier (*f*) est lui-même uni à la mâchoire par un manchon de tissu conjonctif et fibreux, le *périoste alvéolo-dentaire*.

La structure des diverses parties de la dent est la suivante : La papille dentaire est composée de tissu conjonctif, dans lequel viennent s'épanouir les vaisseaux et les nerfs (fig. 19, *n*, *a*, *v*, et fig. 23). L'abondance des filets nerveux assure à ces organes la sensibilité exquise qui leur permet d'apprécier l'état des aliments et de mesurer l'effort qu'il convient de déployer dans les mouvements de la mastication.

Les médecins de l'antiquité ignoraient la structure des dents et disaient que les dieux seuls connaissaient la cause des douleurs de dents. Aujourd'hui nous savons que la destruction de la couronne met les nerfs à nu, de sorte que le contact de l'air, ou d'autres corps étrangers, suffit pour provoquer l'irritation des nerfs dentaires et le mal de dents.

L'*ivoire* est composé d'une substance dure, jaunâtre, traversée

par des canalicules parallèles et rayonnant en lignes onduleuses de la papille vers la surface de la dent. L'extrémité interne de ces canalicules reçoit des fibres molles qui partent de la papille et qui renferment probablement des filets nerveux. L'extrémité externe de ces fibres se perd dans des espaces étoilés situés près de l'émail ou du cortical osseux. L'émail, dont on a comparé la dureté à celle du diamant, est formé d'une série de prismes, dont la surface présente des stries transversales.

Le cément ou cortical osseux est composé de substance osseuse (voir p. 178).

Pour avoir une idée de la composition de ces diverses parties dures de la dent, il suffit d'en plonger une dans une solution additionnée d'acide chlorhydrique ; au bout de quelques jours, l'acide a débarrassé la dent de ses sels calcaires (phosphate et carbonate de chaux et de magnésie). Ce qui reste est une substance organique, semblable à celle de l'os (*osséine*), qui se laisse couper au couteau ou au rasoir.

La proportion des sels calcaires dans l'ivoire est de 75 pour 100 pour 15 parties d'osséine. L'émail ne contient que de 3 à 6 pour 100 de substance organique. Parmi ces sels minéraux, il importe de signaler la présence du *fluorure de calcium*.



Fig. 23. — Papille dentaire d'une dent à trois racines, montrant les filets nerveux et vasculaires.

Nature des dents. — La composition et l'origine des dents avaient intrigué les anciens. Homère appelle les dents de petites barrières imposées par la nature aux écarts de la langue et aux abus de la parole. Plus généralement, on les a regardées comme des petits os durs et compacts. Il y a du vrai dans cette opinion, bien que la formation de ces organes soit un peu différente de celle des os.

Origine des dents. — Les dents sont des dérivés de la muqueuse buccale.

Celle-ci présente un derme ou chorion semblable à celui de la peau (fig. 24, *f*) ; en effet, la surface du chorion est hérissée de saillies, appelées *papilles* (*papilla*, bouton).

La surface des papilles et leurs intervalles sont occupés par un épithélium pavimenteux stratifié.

Le chorion et l'épithélium prennent part à la formation de la dent. En effet, on voit, sur l'embryon, la partie profonde de l'épithélium pousser, au niveau du bord alvéolaire des mâchoires, un prolongement qui s'enfonce comme une lamelle dans la profondeur du chorion. De distance en distance, ce prolongement, ou lame épithéliale (*l*), se renfle et forme un bourgeon (*ad*), dit organe de l'émail ou adamantin (*adamas*, diamant). Au-dessous de celui-ci, les éléments du chorion se multiplient et produisent une saillie, la *papille dentaire* (*p*). La surface de celle-ci s'entoure peu à peu de l'organe adamantin, qui lui forme une sorte de coiffe ou de

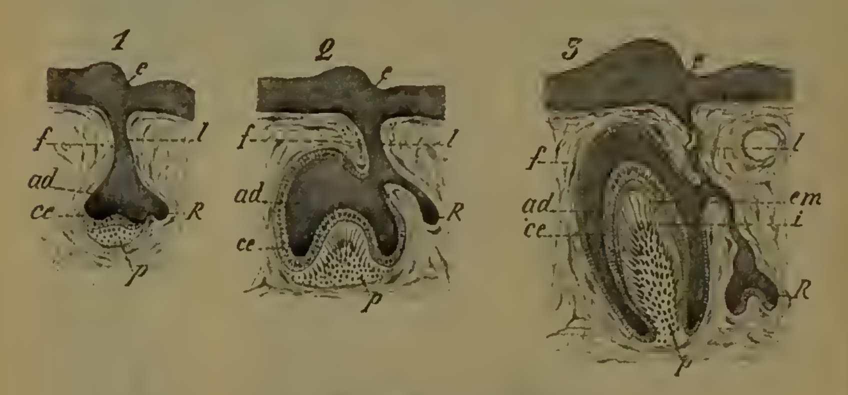


Fig. 24. — Trois stades successifs de la formation d'une dent.

bonnet. A cette époque, l'organe formateur de la dent se compose donc (fig. 24, 2 et 3) : 1° d'une papille : 2° d'une coiffe épithéliale.

Enfin, de la base de la papille part une enveloppe conjonctive qui entoure l'organe adamantin lui-même, sauf le mince prolongement épithélial (*l*), sorte de pédicule qui continue à relier l'organe adamantin à la surface. Cette enveloppe, contenant papille et organe adamantin, ressemble à un sac, d'où son nom de *follicule* (*f*) *dentaire* (*folliculus*, petit sac). Les follicules des dents permanentes sont visibles sur la figure 25. Comme le montre la figure, le pédicule n'est pas terminé par un seul organe adamantin pour les dents incisives, les canines et les petites molaires, mais à côté du gros bourgeon il s'en est développé un second (R) qui servira à former une seconde dent quand la première sera tombée.

Formation des dents. — Voici comment le follicule dentaire produira la dent. A cet effet, chaque cellule conjonctive placée à la

surface de la papille s'allonge et fournit des prolongements externes ou périphériques (fig. 24, 3, *i*).

En même temps des sels calcaires se déposent dans l'intervalle de ces cellules. Jamais les vaisseaux sanguins ne pénètrent entre ces cellules productrices de l'*ivoire* ou odontoblastes (*odous*, dent ; *blastos*, germe). De cette façon, il s'élabore une couche d'ivoire à la surface de la papille. Pendant ce temps, les cellules profondes (*ce*) de l'organe de l'émail laissent exsuder, autour de la partie qui sera la couronne, une substance dure, se transformant en *prismes* de l'émail (*em*). Enfin, l'enveloppe conjonctive développe, autour de la partie qui sera la racine, une couche osseuse, ou *cortical osseux* ; ce dernier phénomène est identique à celui qui a lieu pour la production de l'os (voir p. 183).

Dans les premiers temps, ces phénomènes se passent dans l'intérieur du bord alvéolaire ; mais, à mesure que les parties dures de la dent se forment et grandissent, elles ne peuvent plus être contenues dans la gencive et la dent *perce*.

Éruption des dents. — L'éruption des premières dents se fait dans l'ordre suivant et a lieu *ordinairement* un peu plus tôt sur la mâchoire inférieure que sur la supérieure : Vers le huitième mois après la naissance, apparaissent les incisives internes d'en bas ; vers le neuvième mois, celles d'en haut ; au début de la deuxième année, percent les incisives externes d'en bas, et vers le milieu de la deuxième année celles d'en haut. Les premières prémolaires (antérieures) apparaissent vers la même époque que ces dernières, c'est-à-dire vers le milieu de la deuxième année ; elles précèdent généralement l'éruption des canines, qui percent vers le milieu de la troisième année. Enfin apparaissent, dans le cours de la troisième année, les secondes prémolaires ou postérieures.

Telles sont les dents de l'enfant ou *dents de lait, dents de la première dentition*. J'ajoute qu'il y a de nombreuses variantes dans ce type ; qu'il me suffise de dire que Louis XIV et Mirabeau seraient venus au monde avec leurs incisives. Mais ce qui est plus intéressant, c'est de savoir que les molaires de la première dentition sont pourvues d'une couronne multicuspidée, c'est-à-dire qu'elles jouent chez l'enfant le rôle des grosses molaires. Nous pouvons donc représenter la dentition de lait par la formule suivante :

$$\left(\text{I.}\ \frac{2}{2} + \text{C.}\ \frac{1}{1} + \text{P. M.}\ \frac{2}{2} \right) \times 2 = 20.$$

Remplacement des dents et dentition permanente. — Si l'on enlève sur une mâchoire d'enfant la lame osseuse qui recouvre les

racines des dents (fig. 25), on constate que, dans le voisinage de chaque dent de lait, se trouve un autre follicule dentaire (1″ à 5″). En outre, on voit trois autres follicules dentaires (6″ à 8″) cachés dans les mâchoires, en arrière des dents de lait. Les follicules dentaires que nous venons de voir coexistent avec les dents de lait et vont bientôt les remplacer.

A cet effet, le follicule dentaire (6″) qui a pris naissance sur le pédicule de la dernière prémolaire produira la première grosse



Fig. 25. — Mâchoires d'enfant dont on a enlevé la table externe pour montrer les follicules dentaires et les ébauches des dents de remplacement à côté de celles de la dentition de lait. Les chiffres ont la même signification que dans la figure 19. 6″, 7″, 8″ sont les grosses molaires encore cachées dans la mâchoire.

molaire faisant éruption vers la septième année. Ces phénomènes sont accompagnés d'un accroissement notable des mâchoires et des arcades dentaires.

Les follicules dentaires qui sont logés à côté de la racine des dents temporaires, se développent et forment une nouvelle dent, qui semble comprimer les vaisseaux de la dent de lait et déterminer l'atrophie de celle-ci. L'alvéole devient trop large, la dent se met à branler et tombe spontanément, si l'on ne hâte sa chute en l'arrachant. Elles tombent à peu près dans le même ordre qu'elles ont apparu, les inférieures avant les supérieures; en même

temps a lieu l'éruption des dents permanentes : dans la septième année, les incisives internes; dans la neuvième, les incisives externes; dans la dixième année, les prémolaires antérieures; dans la douzième et la treizième année, les canines et les deuxièmes prémolaires. Dans la septième année déjà, la première grosse molaire a apparu; de douze à quatorze ans apparaissent les secondes grosses molaires et, enfin, de la dix-septième à la trentième année les dernières grosses molaires, qui, en raison de cet âge tardif et mûr, ont reçu le nom de *dents de sagesse*. Il est intéressant d'observer que, bien qu'elles existent dans la mâchoire, elles manquent souvent de percer chez les peuples civilisés, où l'art culinaire soulage singulièrement le travail des maxillaires et des dents.

Le développement des dents montre que ce sont des organes formés de matière vivante, bien que dure. Aussi importe-t-il d'en éloigner, par des soins de propreté, toutes les substances (restes d'aliments, etc.) qui pourraient se décomposer, s'altérer dans la cavité buccale et provoquer l'altération des dents ou *carie* dentaire (*caries*, pourriture). Les dents ne sont pas seulement un ornement, elles sont encore les agents nécessaires à une bonne trituration des aliments, qui est la condition essentielle d'une bonne digestion.

PHARYNX ET ŒSOPHAGE

Portion buccale du pharynx. — Si l'on examine la figure 26, qui représente la face dorsale de la langue et l'extrémité postérieure de la cavité buccale, on voit que celle-ci se continue avec un canal appelé *arrière-bouche*, *arrière-gorge* ou *gosier*, qui est une portion du pharynx (*pharynx*, gorge, ravin).

On aperçoit, en arrière de la base de la langue, une lamelle ovalaire ou repli fibro-cartilagineux (*c*), l'*épiglotte* (*épi*, sur; *glotta*, languette ou glotte), et au-dessus de celle-ci une languette médiane (*a*), la *luette*. Cette dernière n'est que le prolongement inférieur et impair d'une cloison suspendue comme un voile derrière la bouche, dite autrefois *palais* : d'où le nom de *voile du palais* donné à cette cloison. Il est formé par un plan musculaire recouvert d'une muqueuse sur ses deux faces.

De chaque côté de la base de la luette (*a*) partent deux replis, l'un antérieur (*pa*) descendant vers la langue, au-devant d'une masse (*b*) dite *amygdale* (amande), et l'autre (*pp*) postérieur à l'amygdale et allant se perdre sur les parties latérales du pharynx.

On donne le nom d'*isthme du gosier* au rétrécissement que

déterminent les organes précédents à l'entrée du pharynx. Les deux replis antérieurs sont dits *piliers antérieurs* et les replis postérieurs sont appelés *piliers postérieurs* du voile du palais.



Fig. 26. — Langue vue par sa face dorsale et isthme du gosier.

a, voile du palais et luette; *b*, amygdale; *c*, épiglotte; *d*, papilles caliciformes; *e*, papilles fongiformes; *f*, papilles filiformes; *pa*, piliers antérieurs du voile du palais; *pp*, piliers postérieurs.

Il est très facile de retrouver la disposition figurée ci-contre, et d'étudier sur soi-même la configuration de la face antérieure du pharynx. Il suffit d'ouvrir largement la bouche devant une glace bien éclairée, d'abaisser la langue et d'examiner le fond de la bouche. On y voit alors le commencement d'un canal limité en haut par le voile du palais, descendant obliquement en bas et en arrière, pour se terminer par la saillie médiane, la *luette*.

Les deux piliers antérieurs sont plus éloignés l'un de l'autre et laissent un intervalle plus large que les deux piliers postérieurs, ce qui permet de les voir les uns et les autres. Chaque pilier est formé d'un faisceau musculaire recouvert par la muqueuse. Les amygdales, qui occupent l'espace limité de chaque côté par le pilier antérieur et postérieur, sont deux masses glanduleuses pouvant acquérir un volume notable dans les inflammations de la gorge (*angine*).

Portions nasale et laryngienne du pharynx. — La partie de l'arrière-bouche que nous venons de décrire ne constitue qu'une portion dite *buccale* du pharynx. Ce canal s'étend, en effet, au-dessus du voile du palais, où il forme la portion *nasale* du pharynx, et descend d'autre part jusqu'au-devant des cinq ou six premières vertèbres cervicales.

Pour se faire une idée de l'ensemble du pharynx, il convient d'examiner une coupe.

La figure 27, qui est une section verticale et médiane de cette région, montre les parties du pharynx que nous venons de voir par la bouche. En 6 on aperçoit la saillie de l'amygdale circonscrite en avant par le pilier (5) antérieur du voile du palais, et en arrière par le pilier postérieur. Le voile du palais (4) s'étend obliquement de haut en bas, et arrive par son sommet jusqu'auprès de la paroi postérieure de la cavité.

Entre la limite postérieure du pharynx et le sommet du voile du palais existe par conséquent un couloir qui fait communiquer

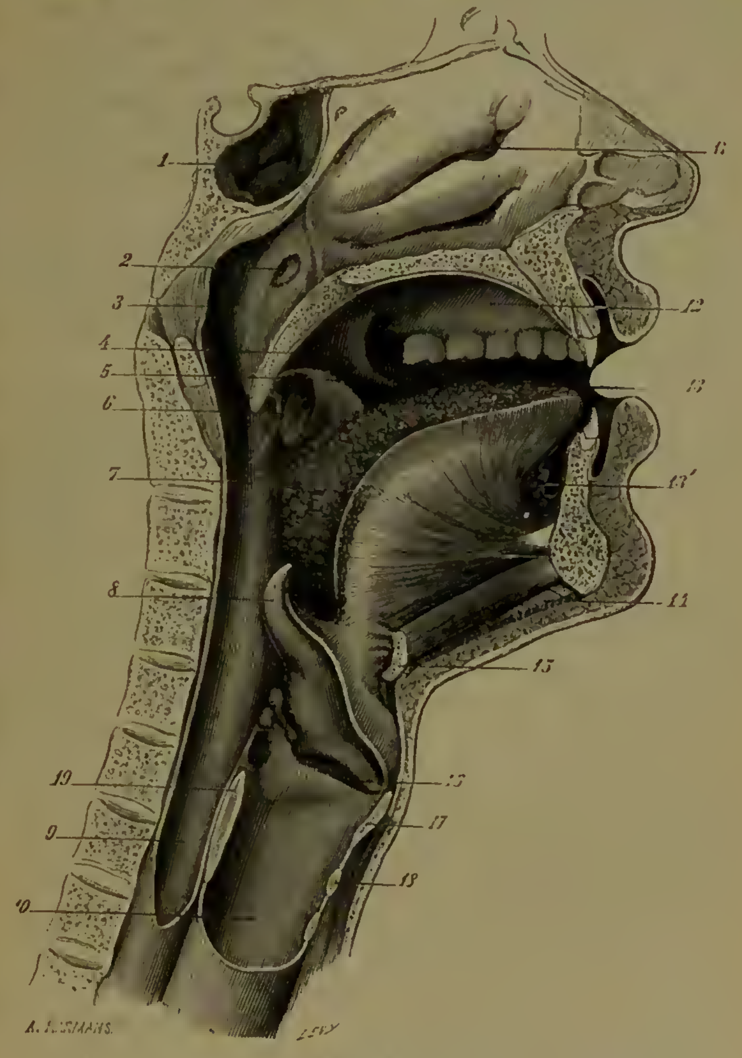


Fig. 27. — Coupe verticale et médiane de la face et du cou.

1, cavité ou sinus de l'os sphénoïde ; 2, orifice de la trompe d'Eustache ; 3, portion nasale du pharynx ; 4, voile du palais ; 5, pilier antérieur ; 6, amygdale ; 7, base de la langue ; 8, épiglotte ; 9, commencement de l'œsophage ; 10, trachée-artère ; 11, méat moyen des fosses nasales ; 12, voûte palatine ; 13, cavité buccale ; 13', muscle rattachant la langue à la mâchoire ou muscle *génio-glosse* ; 14, muscle mylo-hyoïdien ; 15, coupe de l'os hyoïde, d'où part un faisceau musculaire allant à la mâchoire (ou muscle génio-hyoïdien) ; 16, glotte ; 17, cartilage thyroïde ; 18 et 19, cartilage cricoïde.

la *portion buccale* du pharynx, que nous venons d'étudier, avec une portion supérieure dite *nasale* ou *arrière-cavité des fosses nasales*. En effet, comme on le voit sur la figure, la partie du pharynx située au-dessus du voile du palais se continue largement avec les fosses nasales, dont nous voyons les *cornets* (11). Notons en passant, pour y revenir plus tard, l'orifice figuré en 2, qui donne entrée dans un conduit élargi en pavillon, dit *trompe d'Eustache*, et qui fait communiquer le pharynx avec l'oreille moyenne.

Enfin, en nous dirigeant en bas, nous voyons que l'arrière-bouche (portion buccale du pharynx) se continue derrière le larynx, organe de la voix, qui est marqué en 16, 17, 18. C'est la *portion laryngienne* ou inférieure du pharynx, à laquelle, tout à fait en bas, en 9, fait suite l'œsophage.

Cette description montre que le pharynx est une vaste cavité, dont la paroi postérieure s'étend sur la face antérieure des vertèbres du cou (voyez la figure), dont la voûte revêt la base du crâne (au-dessous de 1) et dont la paroi antérieure est percée de l'ouverture des fosses nasales en haut, et, en avant, de l'isthme du gosier, derrière la bouche.

Jusqu'au niveau de l'épiglotte (8) le pharynx est un canal ou cavité unique, quoique subdivisé en deux portions par le voile du palais et les piliers postérieurs; mais, à partir de la face dorsale ou postérieure de l'épiglotte, le pharynx se divise en deux conduits : l'un, postérieur, suit la colonne vertébrale et constitue la portion inférieure du pharynx ; l'autre, antérieur, aboutit dans l'intérieur de la *pomme d'Adam* ou *larynx* (16).

Le pharynx atteint, à l'état de repos, une longueur de 15 centimètres, mais il peut diminuer du quart de sa longueur quand il s'élève et se raccourcit, surtout dans sa partie moyenne, au moment de la déglutition ou de la production de la voix.

L'extrémité supérieure du pharynx est solidement fixée, accrochée, pour ainsi dire, à la base du crâne. Sa portion moyenne et inférieure s'attache, par contre, à des parties relativement mobiles, et peut, en outre, grâce à un tissu conjonctif lâche qui l'entoure, glisser sur la colonne vertébrale.

Structure et rapports du pharynx. — Comme le reste du canal alimentaire, la paroi du pharynx est essentiellement composée d'une membrane *muqueuse* et d'une *couche musculaire*.

La muqueuse fait suite dans la portion nasale à celle des fosses nasales dont elle a la constitution (voir p. 518); la muqueuse du reste du pharynx a la constitution de celle de la bouche.

En dehors de la muqueuse se trouve une *couche musculaire*

dont les faisceaux sont les uns circulaires, les autres longitudinaux. Les faisceaux circulaires ont la forme de trois demi-cornets emboîtés les uns dans les autres et s'imbriquant de haut en bas.

Pour comprendre le mécanisme des mouvements du pharynx, il est nécessaire d'examiner les rapports de ses parois antérieure et latérales avec les organes avoisinants et surtout avec le larynx. Nous avons vu (fig. 26 et 27) que le plancher de la bouche est constitué par la langue; la base de celle-ci s'attache à un arc osseux qui forme à la fois la charpente de la langue servant à suspendre le larynx et une partie du pharynx.

Cet arc osseux, coupé en 15 (fig. 27), a la forme d'un U ou d'un fer à cheval; on l'appelle *os hyoïde* (*eidos*, forme d'un *u* ou υ grec). Placé entre le plancher de la bouche et le larynx, l'os hyoïde, par ses prolongements ou cornes, soutient les parties antérieures et latérales du pharynx, et sa concavité regarde en arrière.

Des muscles le rattachent d'une part à la mâchoire et à la langue, et des membranes fibreuses et musculaires le relient d'autre part au larynx et au pharynx.

Signalons un plan musculaire qui, dans la concavité du maxillaire inférieur, forme le plancher buccal. Ce muscle s'attache, à partir des molaires (*mola*, meule), le long de la face interne de la mâchoire; d'autre part, il va par son extrémité postérieure s'insérer à l'os hyoïde. Il est appelé *mylo-hyoïdien* (fig. 15, 6), en raison de ses insertions.

Les cornes de l'os hyoïde donnent attache de chaque côté à un muscle lamelleux, constituant une portion charnue de la langue : on le nomme *hyo-glosse* (fig. 209, *c*).

Les muscles précédents peuvent, en se contractant, élever le plancher de la bouche à la façon d'une sangle qui se raccourcit, et jouent, par suite, un rôle important dans l'acte de pousser les aliments dans le pharynx.

En outre, ils effectuent l'ascension de l'os hyoïde et, par son intermédiaire, celle du larynx et du pharynx.

Tandis que la portion supérieure de la couche circulaire du pharynx (*constricteur* supérieur) arrive en avant jusque sur les côtés de la cavité buccale (ligne myloïdienne), les fibres musculaires de la portion moyenne (*constricteur* moyen) s'attachent aux cornes de l'os hyoïde. Celles de la portion inférieure (*constricteur* inférieur) du pharynx viennent s'insérer sur les parties latérales du larynx.

Il résulte de ces rapports que, lors de l'ascension du plancher buccal, l'os hyoïde et, par suite, le larynx et les portions moyennes et inférieure du pharynx suivent ce mouvement d'élévation et

viennent à la rencontre du bol alimentaire qui traverse l'isthme du gosier.

Œsophage. — Au pharynx fait suite, sans interruption, un autre canal, l'*œsophage* (*oescin*, porter; *phagein*, manger, c'est-à-dire *porte-manger*) (9). Celui-ci est un tube long de 25 centimètres environ, qui commence à la limite inférieure du larynx et qui s'étend jusque dans la cavité abdominale, en passant au-devant de la colonne vertébrale (région du cou et du thorax). Arrivé à la hauteur du diaphragme, il le traverse par une ouverture spéciale et, après un court trajet, il se continue avec l'estomac (fig. 10).

Après avoir étudié la constitution et la continuité des cavités de la bouche, du pharynx et de l'œsophage, voyons ce que deviennent les aliments dans la bouche et par quel procédé ils sont dirigés dans l'œsophage, tout en évitant l'entrée de la portion nasale du pharynx et celle du larynx.

MASTICATION

Les mouvements des mâchoires pressent les dents de l'arcade inférieure contre celles de l'arcade supérieure et ont pour elfet de couper, déchirer et écraser les aliments solides. La langue, les lèvres et les joues ramassent les parties incomplètement divisées et les poussent de nouveau entre les dents.

Pendant ce temps, les glandes salivaires laissent écouler de la salive qui les imprègne. Ces divers actes réduisent les parcelles alimentaires en une masse arrondie et molle, que la langue rassemble sur sa face supérieure et qui porte le nom de *bol* (*bolus*, bouchée) *alimentaire*.

DÉGLUTITION

En observant une personne qui boit ou qui mange, on voit qu'au moment où elle se dispose à avaler, la bouche se ferme et le plancher de la bouche s'élève, en même temps que la pomme d'Adam (*larynx*) subit un mouvement d'ascension.

Si l'on se rappelle les rapports du plancher de la bouche et de la langue avec l'os hyoïde et le larynx, il est facile de comprendre le mécanisme par lequel le bol alimentaire passe de la cavité buccale jusque dans l'œsophage.

Les aliments, suffisamment triturés et imprégnés de salive, provoquent, au contact de la base de la langue, un acte réflexe

(voir p. 29 et 246), c'est-à-dire une impression suivie de la contraction involontaire des muscles qui soulèvent la base de la langue et, par suite, l'os hyoïde et le larynx. Simultanément, la pointe de la langue s'applique à la voûte palatine et pousse le bol alimentaire en arrière. Celui-ci est ainsi précipité dans le pharynx, dont les portions moyenne et inférieure ont suivi l'ascension du plancher de la bouche, de l'hyoïde et du larynx.

Dès que le bol alimentaire a passé l'isthme du gosier, le plancher de la bouche, le larynx, ainsi que les portions moyenne et inférieure du pharynx, reviennent au repos, c'est-à-dire descendent. Alors les muscles constricteurs du pharynx entrent à leur tour en action, se contractent de haut en bas et refoulent le bol jusque dans la partie inférieure du pharynx, puis dans l'œsophage, dont les mouvements péristaltiques le font arriver dans l'estomac.

Ces divers actes se font très vite, parce que les fibres musculaires du pharynx et de la portion supérieure de l'œsophage sont striées et que la contraction des muscles striés a pour caractère d'être brusque et rapide.

Pour la commodité de la description, on a divisé la déglutition en trois temps : dans un premier temps, le bol alimentaire franchit l'isthme du gosier; dans un deuxième temps, il traverse le pharynx, et enfin, dans un troisième temps, il parcourt l'œsophage. Ajoutons qu'il y a un temps d'arrêt à la partie inférieure de l'œsophage, ce qui s'explique par la nature différente de la tunique musculaire à ce niveau : en effet, les muscles lisses y ont remplacé les muscles striés, et les contractions des muscles lisses se produisent plus lentement que celles des muscles striés.

Pendant que le bol alimentaire traverse le pharynx, il faut qu'il évite l'ouverture du larynx et la partie postérieure des fosses nasales.

En dehors des moments de la déglutition, l'ouverture supérieure du larynx est toujours béante et permet le passage de l'air venant par le pharynx, soit des fosses nasales, soit de la cavité buccale. La disposition suivante assure l'occlusion de cet orifice.

Comme le montre la figure 27, 8, l'épiglotte affecte à l'état ordinaire une direction verticale, son sommet étant fixé au bord supérieur du larynx et sa base faisant une saillie libre derrière la langue. Au moment où le larynx monte (début de la déglutition), l'épiglotte, soulevée également, rencontre la base de la langue, sa partie supérieure se renverse en arrière et recouvre l'ouverture supérieure du larynx.

Elle empêche de cette façon l'introduction des particules alimentaires dans les voies aériennes. Parfois, lorsqu'on rit ou qu'on

parle au moment d'avaler, l'épiglotte est soulevée par le courant d'air qui sort du poumon, et certaines parcelles alimentaires pénètrent dans le larynx. Les efforts de toux qui suivent cette introduction suffisent le plus souvent pour chasser le corps étranger. Ajoutons que la perte de l'épiglotte n'est pas suivie de la pénétration fatale des aliments dans le larynx : l'ascension de ce dernier derrière la base de la langue et la fermeture des lèvres de la glotte contribuent efficacement à empêcher les particules alimentaires d'entrer dans les voies aériennes.

Quant à l'ouverture postérieure des fosses nasales, elle est oblitérée par le voile du palais et ses deux piliers postérieurs. Ceux-ci se rapprochent, à cet effet, par la contraction des fibres musculaires qui les composent. Ils ferment cet orifice en s'accolant par leurs bords, comme deux rideaux qui s'avancent l'un vers l'autre et se juxtaposent.

Tube digestif abdominal. — La portion du canal alimentaire, de beaucoup la plus longue et la plus volumineuse, qui fait suite à l'œsophage, est située dans la cavité abdominale et le bassin. La figure 10 montre les organes contenus dans cette cavité, dont la paroi ventrale a été ouverte et relevée sur les côtés; elle donne une idée d'ensemble des segments qui composent cette portion et montre leurs rapports réciproques. On voit l'estomac (*Est*) se continuant en haut et à gauche avec l'œsophage, et en bas et à droite avec la première partie de l'intestin grêle (*duod*). Celui-ci est replié un grand nombre de fois sur lui-même (*In. col*) et se continue en bas et à droite avec le gros intestin (près de *cœ*) : le gros intestin, commençant en *cœ*, décrit un arc de cercle (*gI*) autour du paquet de l'intestin grêle et se perd en R derrière la vessie (*Ves*).

ESTOMAC

L'estomac est un renflement du tube digestif rappelant la forme d'une cornemuse. Il répond à la partie gauche du diaphragme, mais il s'avance néanmoins jusqu'au niveau de la région appelée *creux de l'estomac* ou *épigastre* (*épi*, sur ; *gaster*, estomac) (fig. 10, *Est*).

L'estomac présente deux ouvertures : l'une supérieure, située à gauche et se continuant avec l'œsophage : c'est le *cardia* (fig. 28, *a*) (*cardia*, cœur, parce qu'il est dans le voisinage du cœur); l'autre, droite et inférieure, le *pylore* (*b*) (*pylé*, porte; *ouros*, gardien, c'est-à-dire *portier*), se continuant avec l'intestin. Il a deux faces, l'une antérieure et l'autre postérieure. Il est obliquement dirigé

de haut en bas et de gauche à droite : son grand axe est incurvé, de telle sorte qu'il offre un bord supérieur, *petite courbure* (*pc*), qui est concave, et un bord inférieur, *grande courbure* (*gc*), qui est convexe. A gauche du cardia, l'estomac est pourvu d'une dilatation notable, dite *grosse tubérosité* ou *grand cul-de-sac* ; enfin, près de son extrémité pylorique, il existe un

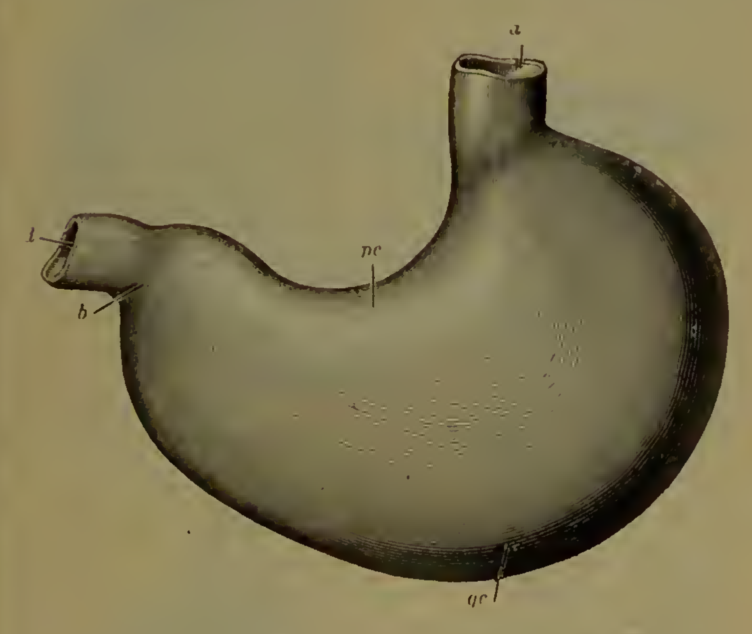


Fig. 28. — Estomac vu par sa face ventrale.
a, cardia ; *b*, pylore ; *d*, duodénum ; *gc*, grande courbure ; *pc*, petite courbure.

renflement plus petit, la *petite tubérosité*, *petit cul-de-sac* ou *antre du pylore*.

L'estomac est formé de quatre tuniques : 1° une séreuse ; 2° une musculeuse ; 3° une sous-muqueuse ; 4° une muqueuse. — Les parois de l'estomac présentent les mêmes tuniques que celles du tube digestif ; cependant, pour permettre à cet organe de se mouvoir aisément sur les parties voisines, la tunique musculaire est enveloppée d'une membrane conjonctive à surface lisse, la *séreuse* ou *péritoine* (*péri*, autour ; *teineiu*, s'étendre). Elle revêt les deux faces de l'estomac et va ensuite de la grande courbure se prolonger en un long tablier descendant au-devant de la masse intestinale jusque vers le bassin. C'est le *grand épiploon* (*épi*, sur ; *plein*, flotter) qui se charge de beaucoup de

graisse chez les personnes obèses. En dedans de la séreuse est



Fig. 29. — Estomac débarrassé du péritoine et montrant la tunique musculaire. 1, petite courbure ; 2, grande courbure ; *a*, œsophage ; *b*, duodénum.

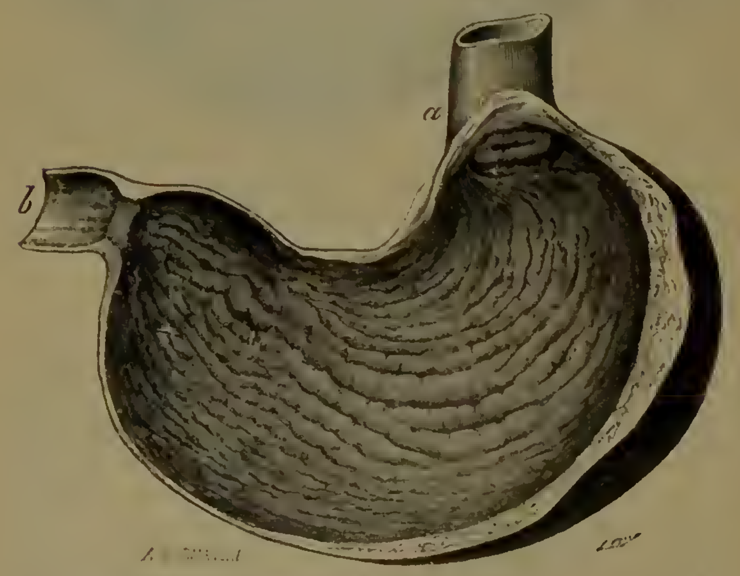


Fig. 30. — Estomac dont on a enlevé la paroi ventrale pour montrer les plis de la muqueuse.
a, cardia ; *b*, duodénum séparé par un étranglement, ou valvule, d'avec l'estomac.

la *tunique musculaire*, formée d'une couche externe de fibres

longitudinales, d'une interne de fibres circulaires ; mais, à raison de la dilatation qu'a subie le renflement stomacal, les fibres les plus internes ont pris une direction oblique par rapport au grand axe de l'estomac. Le renforcement de la couche circulaire au niveau du pylore produit un soulèvement de la muqueuse, connu sous le nom de *valvule pylorique*. Puis vient la tunique muqueuse (*m*), séparée de la musculaire par une couche de tissu conjonctif lâche (*sous-muqueuse*) renfermant les gros vaisseaux et les nerfs allant à la muqueuse Celle-ci a une épaisseur de 1mm,5 à 2 millimètres, et, vue de la face interne, elle semble lisse, à moins que l'estomac ne soit vide et que la tunique musculaire ne soit contractée : dans ces conditions, grâce à la laxité de la sous-muqueuse, la face interne de l'estomac présente une série de plis sinueux (fig. 50). Comme les autres muqueuses, celle de l'estomac a un chorion et un revêtement épithélial. On remarque dans le chorion, du côté de la sous-muqueuse, une couche propre de tissu musculaire lisse. Celle-ci constitue une couche musculaire, pouvant contracter la muqueuse elle-même.

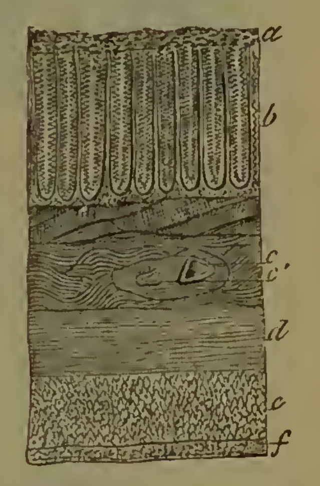


Fig. 51. — Coupe en travers de la paroi stomacale.

a, couche interne ou épithéliale ; *b*, chorion de la muqueuse avec les glandes gastriques ; *c*, couche oblique de la tunique musculeuse ; *c'*, vaisseau sanguin coupé en travers ; *d*, couche circulaire de la tunique musculeuse ; *e*, couche longitudinale de la même ; *f*, péritoine.

De l'épithélium superficiel (fig. 51, *a*) partent une quantité innombrable de prolongements en tube (*b*) plongeant dans le chorion : ce sont les *glandes stomacales* ou gastriques. Insistons sur la présence d'un réseau capillaire très serré qui monte dans le chorion jusqu'auprès de l'épithélium et dont les mailles forment un réseau, une sorte de filet vasculaire autour des glandes gastriques.

Fonctions de l'estomac. — Les fonctions de l'estomac peuvent se ramener à trois principales : 1° il sert de réservoir aux substances nutritives, de telle sorte que deux ou trois repas par jour suffisent pour emmagasiner les aliments de la journée ; 2° il les brasse ; 3° il exerce une action chimique spéciale sur certains aliments. Ce n'est que dans ce siècle qu'on a pu en élucider la nature.

Théorie mécanique des anciens. — Les anciens, qui n'avaient aucune notion de chimie, comparaient, avec Hippocrate, l'action de

l'estomac à une sorte de *coction* ou de *putréfaction*. D'autres croyaient que la digestion stomacale ne consistait qu'en une *trituration*, opérée par les parois de ce renflement. Cette dernière opinion prévalut surtout au XVIIe siècle : des savants florentins ayant fait avaler des boules de verre ou des balles de plomb à des coqs et à des autruches, les virent brisées ou aplaties lorsqu'ils les retirèrent quelque temps après. En effet les oiseaux, qui, comme on le sait, sont tous dépourvus de dents, possèdent, surtout lorsqu'ils ne se nourrissent que de graines, un tube digestif pourvu de plusieurs renflements : une première dilatation se trouve à la partie moyenne de l'œsophage (fig. 52, *a*) : on l'appelle le *jabot* (*b*). Les aliments s'y accumulent pendant que les oiseaux mangent ; puis vient un renflement qui contient les glandes gastriques : c'est le *ventricule succenturié* (*c*) (*ventriculus*, estomac ; *succenturiatus*, surajouté), et enfin, faisant suite à ce dernier, existe un troisième renflement, le *gésier* (*ed*), qui se distingue par une tunique musculaire fort puissante et un revêtement interne dont l'épithélium s'est transformé en une *plaque cornée* très épaisse. Le gésier est l'appareil de trituration, remplissant l'office des dents des mammifères.

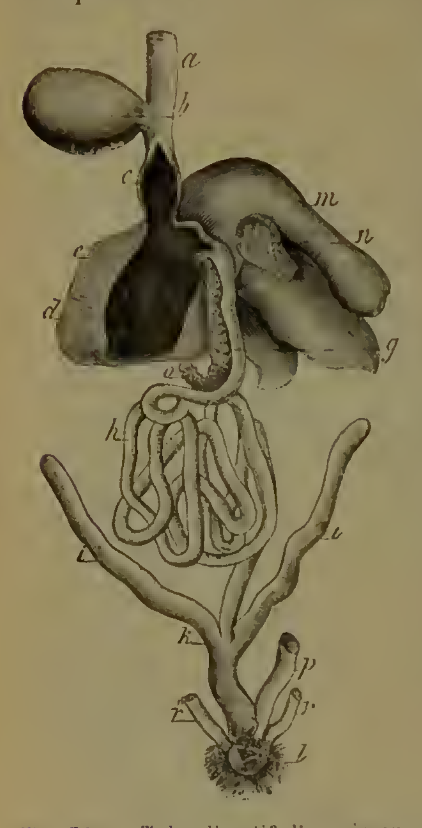


Fig. 52. — Tube digestif d'un oiseau.

a, œsophage *b*, jabot : *c*, ventricule succenturié (ouvert) ; *ed*, gésier (ouvert) ; *m*, foie ; *n*, vésicule biliaire ; *o*, pancréas ; *g*, duodénum ; *h*, circonvolutions de l'intestin grêle ; *i*, *i*, les deux cæcums ; *k*, rectum ; *p*, conduit des œufs ou oviducte ; *rr*, uretères ; *l*, cloaque.

Découverte de la fonction chimique. — Le naturaliste français Réaumur, reprenant le premier, vers 1740, les expériences des savants de Florence, fit avaler des tubes de verre à des coqs. Il constata que ces tubes s'aplatissaient dans leur gésier. Puis, répétant ces essais sur des oiseaux carnivores (la buse), pourvus d'un gésier membraneux, il trouva que les aliments, placés dans des

tubes fermés par un grillage, étaient digérés, bien qu'étant à l'abri de l'action mécanique de l'estomac.

L'abbé italien Spallanzani varia de bien des manières, vers la fin du XVIIIe siècle, les expériences de Réaumur, et arriva au même résultat général : le gésier des oiseaux a une puissance de broiement considérable. Il mit en outre en lumière un phénomène non moins important : Ayant fait avaler aux oiseaux une petite éponge retenue par une ficelle, il put, en la retirant, se procurer le suc de l'estomac ou suc gastrique. Ayant placé, pendant des journées entières, sous son aisselle même, ce suc mélangé à de la viande, il vit celle-ci changer de couleur, de forme et de saveur. En faisant avaler à des dindons des tubes percés de trous et renfermant du pain, de la viande, des graines, il observa que ces aliments subissaient ces mêmes modifications. Enfin, Spallanzani expérimenta sur lui-même en avalant des tubes ainsi préparés et il vit, quand il les rendit mélangés aux excréments, que les aliments avaient été digérés.

Au commencement de ce siècle, le médecin américain Beaumont observa un Canadien qui avait reçu un coup de fusil dans le ventre. Cet homme guérit, mais en gardant une ouverture qui faisait communiquer l'estomac avec l'extérieur. C'est ce qu'on appelle une *fistule gastrique* ou *stomacale*. Depuis cette époque, on eut plusieurs fois l'occasion, à la suite d'accidents ou d'opérations chirurgicales, d'en observer de semblables et de faire des études suivies sur les mouvements des aliments dans l'estomac, ainsi que sur les modifications qu'ils y subissent. Enfin, à l'exemple du médecin Blondlot, on pratique aujourd'hui des *fistules gastriques* sur les chiens et on fait communiquer, d'une façon permanente, l'estomac de ces animaux avec l'extérieur par un tube que l'on ouvre ou ferme à volonté. On se procure ainsi le suc élaboré par l'estomac et on étudie sa nature et son action sur les aliments.

Le suc gastrique transforme les albuminoïdes en peptones. — Aujourd'hui on sait que la muqueuse de l'estomac est grisâtre quand celui-ci est vide, c'est-à-dire en dehors de la digestion, parce qu'elle est recouverte d'un enduit muqueux, sécrété par les cellules caliciformes de son revêtement épithélial (voir p. 27). Dès le commencement de la mastication, et surtout grâce à l'arrivée des aliments, la muqueuse stomacale prend une couleur rosée à la suite de l'afflux notable du sang dans le système capillaire. Elle verse alors le suc gastrique sur les aliments : tandis que la plupart des liquides de l'organisme sont alcalins, le suc gastrique est acide : cette acidité est due à l'*acide chlorhydrique* (HCl).

Cependant, vers la fin de la digestion, il peut renfermer une certaine quantité d'acide lactique, provenant de la fermentation des substances amylacées. Outre l'eau et les sels minéraux, parmi lesquels il faut signaler le chlorure de sodium, le suc gastrique contient une substance particulière, un ferment, soluble comme la ptyaline, que l'on appelle *pepsine* (*peptein*, digérer). On retire de l'estomac du veau ou du porc des quantités plus ou moins notables de pepsine pour préparer les poudres dites *digestives*. En présence d'un acide et à la température de 37 à 38°, la pepsine permet de faire des digestions artificielles de viande ou de fibrine. Dans ces conditions, on voit la fibre musculaire se gonfler, devenir transparente et pulpeuse et se résoudre enfin en un liquide soluble dans l'eau. Le suc gastrique agit de la même façon sur les autres albuminoïdes, qu'il transforme, probablement à la suite de phénomènes d'hydratation, en substances absorbables ou *peptones*.



Fig. 33. — Glande de l'estomac grossie.

a, conduit commun où débouchent une série de culs-de-sac glandulaires (*b*).

Outre la pepsine, l'estomac des jeunes animaux renferme un autre ferment, la *présure* ou le *lab*, qui a pour propriété de coaguler la caséine du lait.

Telle est l'action essentielle que subissent les aliments dans l'estomac. Ce résultat est grandement favorisé par les mouvements incessants de la poche stomacale. A cet effet, on voit la tunique musculaire se contracter à partir du cardia et produire un resserrement ou étranglement qui pousse la masse élémentaire vers le pylore ; ce mouvement se propage lentement du cardia vers le pylore et opère, en même temps, un mélange continu de la masse avec le suc gastrique. Les mouvements mécaniques de l'estomac chez les mammifères et l'homme se bornent donc au brassage des aliments, mais ne vont pas jusqu'à leur trituration.

Par l'action combinée du suc gastrique et des mouvements, les aliments sont transformés en une bouillie, qu'on appelle le *chyme* (*chymos*, suc), dont la masse reste invariable pendant les deux ou trois premières heures de la digestion. Le pylore s'oppose au passage de tout aliment qui n'a pas été fluidifié par le suc gastrique ; mais, quand les aliments ont subi cette fluidification, les contractions de l'estomac poussent le chyme, par ondées, dans l'intestin : brusquement, en un quart d'heure, cette masse disparait tout entière, il n'en reste que des débris dans l'estomac.

Le suc gastrique n'agit que sur les albuminoïdes et laisse les graisses et les hydrocarbures à peu près intacts. Le suc gastrique se forme dans les glandes de l'estomac, surtout dans celles qui sont situées du côté du grand cul-de-sac. Les glandes de l'estomac (fig. 33) sont des organes allongés en *forme de tubes*; le fond du tube plonge profondément dans la muqueuse; il peut être simple, mais il est souvent bifurqué. Au voisinage du pylore, les bifurcations sont plus nombreuses, d'où l'aspect ramifié des glandes pyloriques.



Fig. 34. — Coupe d'une glande gastrique.

es, épithélium stomacal; *ce*, conduit excréteur; *cc*, épithélium clair; *cg*, épithélium granuleux; *cj*, tissu conjonctif entourant la glande (très grossie).

Les glandes gastriques présentent un revêtement épithélial (fig. 34), dont les cellules sont les unes claires (*cc*), celles qui sont internes, tandis que les externes sont très granuleuses (*cg*). La proportion des unes et autres varie selon les animaux : le chien a beaucoup de cellules claires; la grenouille, le porc et l'homme, beaucoup de cellules granuleuses dans les glandes gastriques.

Les glandes de l'estomac sécrètent le suc gastrique. — Voici comment ces glandes sécrètent le suc gastrique.

Sauf l'eau et les sels, le sang ne renferme aucun des principes du suc gastrique. Celui-ci est acide, tandis que le sang est alcalin. Comme pour la salive, ce sont les cellules des glandes gastriques qui élaborent la pepsine, et probablement l'acide chlorhydrique. Avant l'arrivée des aliments, les cellules des glandes gastriques renferment des granulations qui, au fur et à mesure de la digestion stomacale, disparaissent en se transformant en pepsine.

L'acide se forme en même temps ; les cellules des glandes gastriques semblent emprunter les éléments de l'acide chlorhydrique au chlorure de sodium du sang; en effet, le suc gastrique est d'autant plus acide qu'il y a plus de chlorure de sodium dans le sang. L'urine de l'homme, qui est d'ordinaire acide, devient alcaline pendant les repas.

Le suc gastrique attaque toutes les substances albuminoïdes, même vivantes : Cl. Bernard l'a montré en introduisant dans une fistule stomacale la moitié d'une grenouille ou l'oreille d'un lapin; ces organes, bien que faisant encore partie d'êtres *vivants*, étaient digérés. A l'état normal, le suc gastrique respecte les parois stomacales qui le produisent, parce qu'elles sont protégées par une couche de *mucus*, dont l'enduisent constamment les cellules caliciformes (voir p. 51).

L'estomac a surtout une fonction chimique, mais celle-ci est singulièrement favorisée par les contractions de ses parois; la section des nerfs allant à l'estomac rend la digestion paresseuse et difficile, parce qu'en paralysant la tunique musculaire elle abolit les mouvements de l'organe.

Mécanisme du vomissement. — Normalement, ceux-ci poussent la masse alimentaire dans l'intestin. Mais parfois l'estomac se vide par le cardia : c'est là ce qu'on appelle le *vomissement*. Celui-ci se produit à la suite de nausées, sous l'influence de masses alimentaires indigestes, de certains états pathologiques, etc. Pendant longtemps on a cru que l'estomac expulsait son contenu en vertu de ses propres contractions. Magendie a montré qu'il n'en est rien : remplaçant chez un chien l'estomac par une vessie de porc pleine d'eau, puis injectant de l'émétique dans le sang, il vit, après avoir fermé les parois du ventre, le chien vomir. Dans ce cas, la contraction des muscles de la paroi abdominale et celle du diaphragme suffisaient pour comprimer les parois de la vessie et pour la débarrasser de son contenu. Si on paralyse le diaphragme par la section de son nerf et qu'on ouvre le ventre, le vomissement devient impossible. On se rend facilement compte du mécanisme du vomissement en observant ce qui se produit, par exemple, chez un enfant atteint de coqueluche. Aux accès de toux on voit succéder une série d'inspirations; au début, les parois abdominales et le diaphragme sont contractés et chassent le contenu stomacal de l'abdomen dans l'œsophage (celui-ci, nous le savons, est situé dans la poitrine). Avant la toux, les aliments s'accumulent aisément dans l'œsophage, parce que les inspirations diminuent la pression intra-thoracique; au moment de la toux, il se produit une série d'expirations, qui augmentent la pression

dans la poitrine et expulsent, du côté de la bouche, la masse alimentaire qui vient de pénétrer dans l'œsophage.

INTESTIN GRÊLE

La partie du tube digestif qui fait suite à l'estomac se subdivise en intestin grêle et en gros intestin.

L'intestin grêle, dont le calibre est d'abord de 4 centimètres,

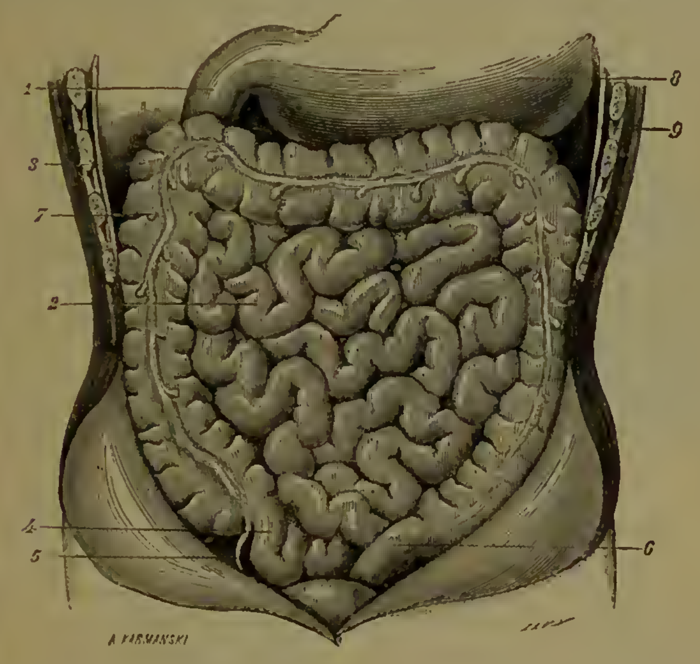


Fig. 55. — Intestin grêle et gros intestin.

1, duodénum ; 2, jéjunum ; 3, bosselures du gros intestin ; 4, iléon ; 5, appendice vermiculaire ; 6, S iliaque ; 7, appendices graisseux du côlon ; 8, estomac ; , séreuse abdominale.

e rétrécit peu à peu (2 centimètres) et présente un trajet de mètres environ.

L'intestin grêle se replie sur lui-même pour former des circonvolutions. — Pour se loger dans la cavité abdominale, l'intestin se plie et se replie en suivant un trajet très sinueux ; il forme ainsi les *circonvolutions intestinales* (*circumvolvere*, rouler autour). La première portion de l'intestin grêle est située profondément au-devant de la colonne vertébrale ; elle est longue de

douze travers de doigt; d'où son nom de *duodénum* (fig. 10, *duod*). Le duodénum se continue avec une portion ordinairement vide sur le cadavre, le *jéjunum* (*jejunum*, vide), qu'aucune ligne de démarcation ne sépare de la dernière portion de l'intestin grêle. Celle-ci est appelée *iléon*, parce qu'elle décrit de nombreuses circonvolutions (*eilein*, s'enrouler).

La figure 55 permet de se faire une idée générale de l'intestin grêle et du gros intestin, et de voir leurs rapports réciproques. On aperçoit nettement que l'intestin grêle diminue de calibre de haut en bas; on voit de même que le gros intestin est plus large à son origine qu'à sa terminaison.

L'intestin grêle a la composition générale du tube digestif; comme le montre une section en travers (fig. 11), il est formé d'une tunique muqueuse et d'une musculaire; de même que l'estomac, il est recouvert d'une membrane appelée *séreuse*.

Le mésentère rattache l'intestin grêle à la colonne vertébrale et assure la mobilité de ses diverses parties. — Pour nous faire une idée de la séreuse de l'intestin, supposons une membrane (*m*) dont nous entourons le tube intestinal (fig. 56, I); sur la face qui regarde la colonne vertébrale, les deux bouts de la membrane (*m*) s'accolent et forment un repli, le *mésentère* (*mésos*, qui est au milieu; *enteron*, intestin). Celui-ci va se fixer sur la colonne vertébrale (*c*) et rattache par conséquent l'intestin à l'axe squelettique. Entre les deux feuillets du mésentère cheminent les vaisseaux (*v*) et les nerfs allant à l'intestin. La surface de la membrane est lisse et humide; d'où son nom de *séreuse* (*serum*, petit-lait). Elle permet aux circonvolutions intestinales de glisser les unes sur les autres. En s'écartant l'un de l'autre, les deux feuillets (*m*) donnent à l'intestin toute liberté de se dilater et de s'étendre. Ajoutons que la séreuse (*m*), après avoir tapissé les vertèbres, continue en *p* à revêtir toute la surface interne de la cavité abdominale. En se rencontrant derrière la paroi ventrale, les deux feuillets se continuent l'un avec l'autre derrière (PA) et transforment la cavité abdominale en un sac clos. La séreuse abdominale porte le nom de péritoine (*péri*,

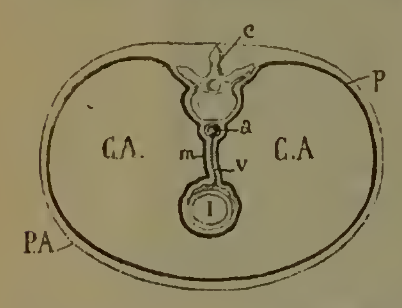


Fig. 56. — Coupe montrant les rapports de l'intestin (I) avec la cavité abdominale (C.A).

c, vertèbre; *a*, aorte; *v*, artère mésentérique; *m*, feuillet viscéral du péritoine; *p*, feuillet pariétal; PA, paroi ventrale.

autour ; *téino*, j'étends) et ses inflammations sont dites *péritonites*. Ainsi qu'on le voit sur la figure 56, la disposition du péritoine par rapport à l'intestin est celle d'un bonnet de coton double, qui forme une enveloppe à la tête (représentée ici par l'intestin), sans la contenir dans sa cavité.

La muqueuse de l'intestin grêle est hérissée de valvules conniventes et de villosités. — La muqueuse de l'intestin grêle présente un aspect et des accidents de surface qui la distinguent de toutes les autres portions du tube digestif. En effet, si l'on sectionne l'intestin en long, en allant du duodénum vers l'iléon, on voit que la surface intestinale est plissée de façon à présenter des séries de saillies lamellaires qui sont disposées en travers du grand axe de l'intestin. On donne à ces lamelles, en forme de croissant, qui font la moitié ou les deux tiers du tour de l'intestin, le nom de *valvules conniventes* (*connivere*, cligner de l'œil, parce que, comparables à des paupières à demi closes, elles n'obstruent pas complètement la lumière du canal). Ce sont tout simplement des plis de la muqueuse; on en compte de 800 à 900 chez l'homme. Elles servent évidemment à multiplier la surface de l'intestin.



Fig. 57. — Lambeau de la muqueuse de l'intestin grêle, vu à la loupe.
pl, follicules clos; *vv*, villosités.

Si, d'autre part, on examine dans l'eau et à la loupe une portion de muqueuse intestinale, on voit que sa surface a une apparence veloutée. Comme le montre la figure 57, cet aspect est déterminé par une série de saillies longues d'un demi-millimètre à un millimètre (*v*); elles sont rangées les unes à côté des autres et leur sommet plonge dans l'intérieur du canal intestinal. On leur donne le nom de villosités (*villus*, poil). Elles forment des saillies libres à la surface de la muqueuse et se trouvent aussi bien sur les valvules conniventes que dans leurs intervalles.

De distance en distance, on aperçoit d'autres soulèvements de la muqueuse sous forme de grains blanchâtres (fig. 57, *pl*); ce sont des amas glandulaires, privés de conduits excréteurs, d'où leur nom de *follicules clos*. Vers la partie inférieure de l'intestin grêle, ces follicules clos, qui sont gros en général comme une

tête d'épingle, se réunissent et constituent des agglomérations longues de 1 à 2 centimètres. Elles sont connues sous le nom de *plaques de Peyer*, du nom du médecin suisse qui les a décrites vers la fin du XVIIe siècle (fig. 38, *pl*).

Il y en a de 15 à 30, et il est à noter que ces organes sont toujours atteints d'inflammation et deviennent le siège d'ulcérations dans la fièvre typhoïde.

Enfin, dans l'intervalle des villosités, on aperçoit une série d'orifices (fig. 38, *g*) qui conduisent dans des glandes en forme de tubes; celles-ci sont cinq fois plus nombreuses que les villosités.

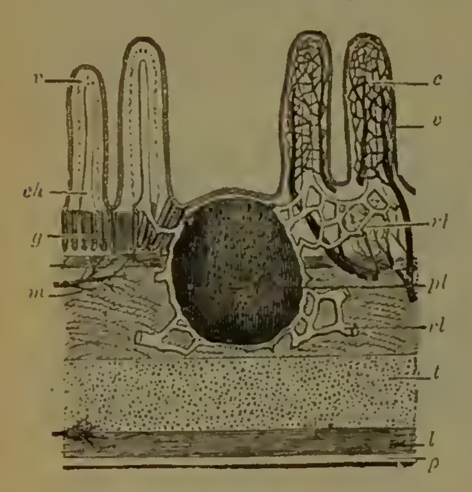


Fig. 38. — Coupe longitudinale de l'intestin grossie.

1, péritoine; *l*, couche musculeuse longitudinale; *t*, couche musculeuse transversale; *m*, chorion de la muqueuse; *pl*, plaque de Peyer; *g*, glandes de Galeati; *v*, villosités; *ch*, chylifère central; *rl*, réseau lymphatique; *c*, capillaires sanguins.

Les glandes en tube de l'intestin ont été décrites d'abord par le médecin italien Galeati en 1731, puis par l'Allemand Lieberkühn en 1760; de là la dénomination de *glandes de Galeati* ou de *Lieberkühn*. Elles sont revêtues par une assise de cellules épithéliales.

Outre ces glandes en tube, on trouve dans le duodénum (première portion surtout) des glandes plus volumineuses puisqu'elles atteignent la saillie d'une lentille; ce sont les *glandes de Brunner* (fig. 39), médecin allemand, qui les a découvertes vers la fin du XVIIe siècle.

Ces glandes ont des grains, qui sont nombreux et rappellent, par leur disposition sur un conduit excréteur commun, la forme des glandes en grappe (fig. 39). Répétons que les glandes gastriques, dont le fond est simple ou bifurqué dans la grande tubérosité, deviennent plus branchues vers la petite tubérosité et se continuent avec des glandes de Brunner, dont les culs-de-sac sont de plus en plus abondants.

La muqueuse intestinale a la structure de celle de l'estomac. Le chorion est surtout remarquable par le nombre des vaisseaux sanguins : ceux-ci (fig. 38) sont contenus d'abord dans le tissu sous-muqueux, où ils se divisent en rameaux qui montent dans

les villosités. Là ils se résolvent en un réseau capillaire qui recouvre la surface d'une sorte de filet ou coiffe vasculaire. Enfin, au centre même (fig. 58, *ch*) de chaque villosité se trouve un vaisseau qui contient un liquide blanc (voir p. 78) et qui y prend naissance par une extrémité aveugle : on l'appelle le *chylifère central*.

Le revêtement intérieur de la muqueuse se compose de cellules cylindriques. — La surface des villosités et les espaces intermédiaires sont recouverts d'une couche de *cellules prismatiques* ou cylindriques, juxtaposées par leurs faces (fig. 54) : leur base est libre, tandis que leur sommet effilé ou conique s'appuie sur le chorion. Ce sont des cellules épithéliales, dont l'extrémité libre présente un liséré transparent et finement strié, le *plateau*. Entre ces cellules à plateau, on trouve çà et là des cellules caliciformes.

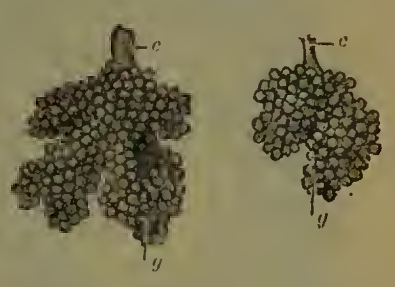


Fig. 59. — Deux glandes de Brunner vues à la loupe.

c, conduit excréteur; *g*, grains glandulaires.

Pour le dire par anticipation, les cellules caliciformes élaborent le mucus, qui lubrifie la surface intestinale; les cellules à plateau jouent le rôle essentiel dans l'absorption; enfin, les glandes de Galeati sécrètent un suc, dit intestinal ou *entérique* (*entéron*, intestin). Pour obtenir ce liquide, on ouvre la cavité abdominale d'un animal et l'on isole, entre deux ligatures, une anse intestinale, qui se remplit peu à peu de ce suc. Celui-ci est alcalin, comme la salive; il renferme de l'eau, des sels, parmi lesquels il faut signaler le carbonate de soude, et enfin des matières albuminoïdes de nature indéterminée. Comme le suc gastrique, ce suc opère la transformation des albuminoïdes en peptones; comme la salive, il change les hydrocarbonés en glycose; enfin, il possède une troisième propriété, qui n'appartient ni au suc gastrique ni à la salive, celle de dédoubler les sucres (saccharose) en glycose et en un autre produit. En effet, les sucres ne passent dans le torrent circulatoire qu'après avoir subi ce dédoublement.

Nous aurions maintenant à suivre l'action du suc entérique sur le chyme, mais au moment où le chyme passe dans le duodénum, il subit l'influence d'un autre liquide, dont nous avons d'abord à étudier l'origine et les propriétés. C'est le *liquide pancréatique*.

PANCRÉAS

Le pancréas est une glande volumineuse qui, comme les glandes salivaires, dérive d'une dépression de la paroi intestinale (fig. 9, p. 18). En se développant à gauche du duodénum et derrière l'estomac, il prend une situation profonde. Pour le voir, il est

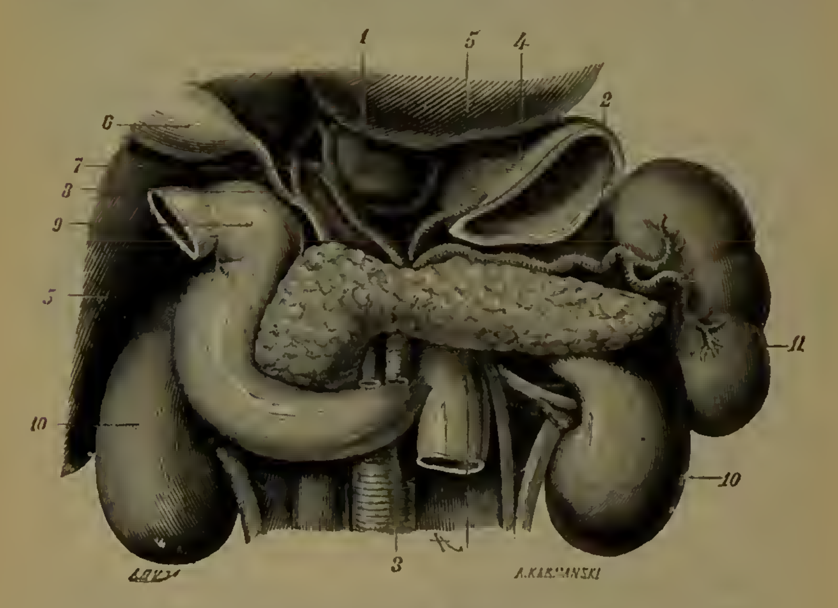


Fig. 40. — Le pancréas, après l'ablation de la plus grande partie de l'estomac (4).

A, pancréas; 1, artère allant au foie ou *hépatique*; 2, artère allant à la rate (11) ou *splénique*; 3, artère allant à l'intestin grêle ou *mésentérique*, avec la veine; 5, 5, lobes du foie; 6, vésicule biliaire; 7, canal hépatique; 8, canal cystique; 9, duodénum; 10, reins; 11, rate.

nécessaire de relever ou d'enlever l'estomac (fig. 40) et de récliner le paquet intestinal en bas. On aperçoit alors une masse allongée transversalement, à apparence granuleuse et d'un blanc grisâtre, que les anciens croyaient formée tout entière de chair : d'où le nom de *pancréas* (*pan*, tout; *créas*, chair). Les grains dont il est constitué ressemblent à ceux des glandes salivaires : d'où le nom de *glande salivaire abdominale*, qu'il a porté pendant longtemps. On y distingue : 1° une grosse extrémité tournée à droite et embrassée par le duodénum : c'est la *tête*; 2° un *corps*, qui est

séparé de la tête par un léger étranglement, et 3° une extrémité gauche effilée, ou *queue* du pancréas.

Il semble presque inutile de dire que ces trois parties forment une masse continue. Le poids de cet organe est de 60 à 80 grammes. Si, après avoir étudié son aspect extérieur, on en enlève les portions superficielles, on ne tarde pas à voir dans la substance de sa tête un conduit, gros comme une plume d'oie, le *conduit excréteur principal* (fig. 41, 2). Les anciens ignoraient son existence; le médecin bavarois Wirsung en fit la découverte en 1642.

Mais au-dessus du canal de Wirsung on en trouve un autre,

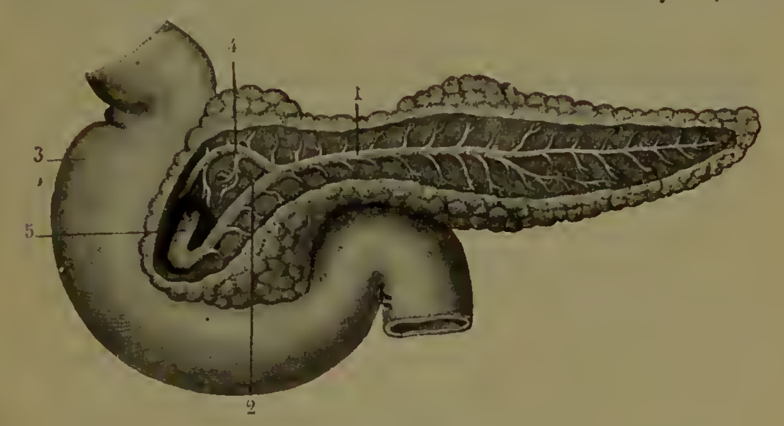


Fig. 41. — Pancréas et duodénum.

1, conduit excréteur (qui est devenu visible parce qu'on a enlevé la partie antérieure du pancréas); 2, canal de Wirsung, au-dessus duquel se trouve le canal accessoire (4); 3, duodénum; 5, canal cholédoque.

vu pour la première fois par le médecin italien Santorini, en 1725 (1).

Ces deux conduits s'abouchent ensemble dans la glande (fig. 41); mais ils vont s'ouvrir en deux points différents de l'intestin : le canal de Wirsung débouche, avec le conduit excréteur du foie (5), dans une cavité formée par un pli de la muqueuse du duodénum. Cette cavité a été signalée par le médecin allemand Vater, au commencement du XVIII° siècle; d'où son nom d'*ampoule de Vater*.

Le conduit accessoire s'ouvre 2 centimètres plus haut sur une saillie, dite *caroncule de Santorini*.

Le pancréas est une glande en grappe. — En suivant, du côté de la glande, les conduits pancréatiques, on les voit émettre des branches et des rameaux de plus en plus ténus, dont les plus fins

se terminent par une série de grains glandulaires comme dans les glandes salivaires, p. 26. En examinant ces grains à un fort grossissement, on constate que chacun est formé par plusieurs culs-de-sac qui se branchent sur un conduit excréteur terminal. Chaque cul-de-sac, à contour plus ou moins bosselé, est composé de cellules épithéliales, comparables à celles des glandes salivaires. Ces cellules préparent le *suc pancréatique*, qu'on obtient en masse en ouvrant sur un animal vivant le canal de Wirsung et en recueillant, au moyen d'une canule, le liquide qui s'en écoule. C'est un liquide limpide, visqueux, à réaction alcaline comme la salive et le suc entérique et se coagulant dans les premiers temps de son écoulement. Il renferme de l'eau, de l'albumine, des ferments solubles, divers sels, parmi lesquels il importe de noter les phosphates.

Le suc pancréatique agit sur les albuminoïdes, les amylacés et les graisses. — Grâce aux fistules pancréatiques, établies de cette façon par Claude Bernard dès 1840, on obtient du suc pancréatique en quantité suffisante pour étudier son action sur les aliments. On voit alors qu'il agit surtout par ses ferments, qui sont au nombre de trois : l'un sur les albuminoïdes, comme le suc gastrique ; l'autre sur les amylacés, comme la salive et le suc entérique ; le troisième, enfin, agit sur les corps *gras*. En agitant de la graisse avec le suc pancréatique, on obtient une émulsion (*emulgere*, traire) semblable à du lait : les corps gras sont réduits en particules très fines en suspension dans le liquide. Le suc pancréatique dédouble en outre les corps gras en glycérine et en acides gras. En un mot, le pancréas continue l'action de la salive sur les matières amylacées, celle du suc gastrique sur les albuminoïdes, et enfin il est l'agent principal de l'émulsion des graisses.

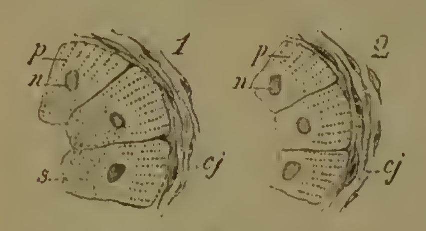


Fig. 42. — Cellules d'un cul-de-sac pancréatique (grossies).

1, à jeun, avant la sécrétion ; 2, après la sécrétion. — *p*, protoplasma ; *n*, noyau ; *s*, extrémité libre de la cellule ; *cj*, tissu conjonctif.

Les cellules épithéliales du pancréas préparent le suc pancréatique. — C'est le moment de nous demander comment le pancréas produit le suc pancréatique. A cet effet, il convient d'examiner un grain glanduleux du pancréas sur un chien *à jeun* et de le comparer à l'état des culs-de-sac glandulaires *pendant la digestion*. On voit alors que sur le chien à jeun (fig. 42, 1) les cellules épithéliales sont hautes et formées de deux parties très distinctes :

un segment interne, ou libre, rempli de granulations et un segment externe, ou adhérent, finement strié en long. Le noyau (*n*) se trouve à la limite des deux segments. Sur un chien qu'on sacrifie de six à douze heures après un repas copieux, on voit que les cellules épithéliales sont moins hautes (fig. 42, 2); le segment adhérent est toujours strié, tandis que le segment libre a diminué et presque disparu. C'est donc cette dernière partie du protoplasma qui a subi une sorte de fonte pendant la sécrétion; c'est elle qui s'est transformée en suc pancréatique. Ce qui prouve que les choses se passent ainsi, c'est qu'il suffit de servir plusieurs repas à un chien et de le laisser ensuite à jeun pendant vingt-quatre heures pour trouver de nouveau des cellules hautes et granuleuses dans le pancréas. En somme, cette glande prépare, dans l'intervalle des repas, des matières qui s'accumulent dans le segment libre des cellules; celles-ci deviennent hautes et granuleuses, puis, quand le chyme arrive au duodénum, les substances élaborées dans le segment libre se liquéfient et s'écoulent dans les conduits excréteurs en formant le suc pancréatique. Le segment adhérent régénère ensuite le segment libre, et ainsi de suite.

GROS INTESTIN

L'intestin grêle débouche, au niveau de la fosse iliaque droite, dans le gros intestin, qui est de calibre plus notable que le premier; il diminue également de volume de son origine vers sa terminaison. Ce n'est pas au bout du gros intestin, mais à une certaine distance de celui-ci, que l'intestin grêle se continue avec lui : on donne à cette extrémité borgne le nom de *cæcum* (*cæcum*, aveugle). En regardant les figures 35 et 43 on voit accolé au cæcum un appendice en forme de ver, l'appendice *vermiculaire* (*b*), qui est une portion atrophiée de l'intestin et qu'on ne trouve que chez l'homme et les singes supérieurs, dits *anthropoïdes* (*anthropos*, homme; *eidos*, qui ressemble).

A partir du cæcum, le gros intestin monte le long du flanc droit (*côlon ascendant*); arrivé sous le foie, il se dirige à gauche au-dessus de la masse de l'intestin grêle : on l'appelle le *côlon transverse* (fig. 10, *gl*). Parvenu près de la rate (*rate*), il descend dans le flanc gauche (*côlon descendant*). Celui-ci se contourne en *S* (*S iliaque*), dont l'extrémité inférieure se continue avec la partie terminale (R), le *rectum* (*rectum*, droit). Ce dernier est logé dans le petit bassin, où il suit en ligne plus ou moins droite le sacrum,

et enfin se termine par le segment final du tube digestif, qui porte le nom d'*anus*.

La longueur du gros intestin est de 1m,50 environ. Le côlon se

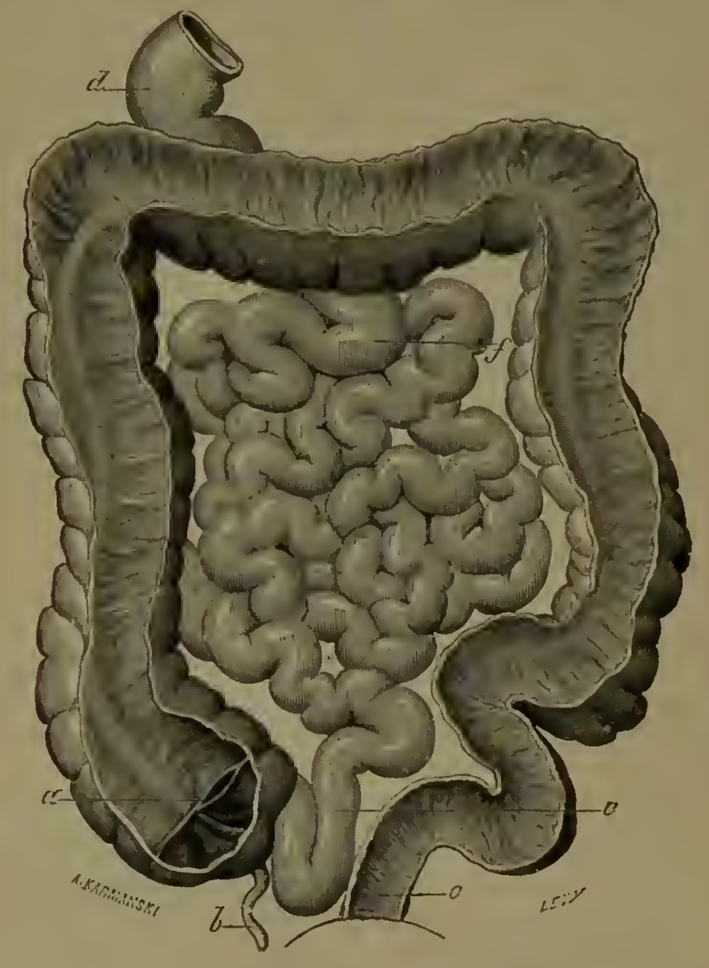


Fig. 45. — Intestin grêle et gros intestin, ce dernier ouvert.

a, valvule iléo-cæcale; *b*, appendice vermiculaire; *c*, rectum; *d*, duodénum; *e*, iléon; *f*, jéjunum.

reconnait aisément par son calibre considérable et la série de bosselures que présente sa surface. Elles sont déterminées par la disposition particulière qu'affecte la couche de fibres musculaires à direction longitudinale. On trouve en effet, en dedans du péritoine, que les faisceaux musculaires longitudinaux, au lieu

d'être étalés en nappe d'épaisseur égale sur tout le pourtour, se renforcent selon trois lignes, pour constituer trois bandes, l'une en avant (fig. 55), les deux autres en arrière. Étant plus courtes que le gros intestin, elles froncent sa surface, de façon à produire une série de sillons transversaux entre lesquels font saillie des portions de la paroi. Du côté de la muqueuse, il en résulte une série correspondante de plis et de cavités dites *cellules*, où s'arrêtent les détritus alimentaires : de là vient le nom de *côlon* (*coluo*, j'arrête). Les restes alimentaires (*marc*) se composent de toutes les matières ingérées qui n'ont pas été digérées; en même temps ils prennent dans le côlon plus de consistance, ainsi que l'aspect et la couleur des matières fécales (*excréments*). Ce n'est pas à dire que la muqueuse intestinale n'ait plus aucun rôle digestif : elle est lisse et renferme une quantité considérable de glandes de Galeati. Elle agirait encore sur le chyme et servirait à absorber les derniers principes nutritifs qui y sont contenus.

Ajoutons que c'est dans le gros intestin que la bile fournie par le foie est décomposée et que ses produits de décomposition donnent aux matières fécales leur couleur et leur odeur spéciales. Il se forme en même temps une certaine quantité de gaz, dont le rôle est de distendre le tube intestinal pour favoriser le cours des matières et pour transformer la cavité abdominale en une bulle gazeuse répartissant la pression dans les efforts.

Valvule iléo-cæcale ou barrière des apothicaires. — Un mécanisme des plus ingénieux empêche le retour dans l'iléon des matières contenues dans le gros intestin. Comme le montre la figure 45, *a*, le bout terminal de l'intestin grêle fait saillie dans le gros intestin, sous la forme d'une sorte de boutonnière ou de fente, limitée en haut comme en bas par une valve. Ces deux valves se réunissent à leurs extrémités par deux commissures, les *freins* ou les *rênes*, bien visibles sur la figure. Un médecin suisse, Bauhin, professeur à Bâle, décrivit avec soin, à la fin du XVI[e] siècle, ce bourrelet : d'où le nom de *valvule de Bauhin*, *valvule iléo-cæcale*, ou *barrière des apothicaires*. Sa formation et sa constitution sont très simples : comme la valvule pylorique, elle résulte d'une saillie de la muqueuse doublée par les fibres circulaires de la musculeuse.

La façon dont elle empêche les matières du gros intestin de rétrograder dans l'iléon est facile à comprendre : En distendant les parois du gros intestin, ces matières accolent les valves de la valvule, et ferment la boutonnière d'autant plus énergiquement que la pression est plus forte. Elles ne peuvent point s'opposer au passage des matières cheminant de l'intestin grêle vers le gros intestin.

Les mouvements péristaltiques de ce dernier poussent peu à peu le résidu des aliments vers le rectum, qui les expulse de temps à autre quand le *besoin* s'en fait sentir.

FOIE

Les Romains engraissaient les oies avec des figues (*ficus*) et donnaient le nom de *ficatum* au foie gras de ces oiseaux. De là vient le nom de *foie* (*ficatum*), appliqué au même organe des autres animaux et de l'homme.

Le foie est le viscère le plus volumineux du corps. On appelle *viscères* (*viscus*, *visceris*, intestin, entrailles) les organes qui servent à la digestion. Le foie pèse de 1 kilogr. 1/2 à 2 kilogr. chez l'homme. Malgré ce poids notable, il n'est qu'une glande, qui prend naissance, comme toutes celles du canal alimentaire, par un bourgeon des parois intestinales se faisant à côté de celui du pancréas (fig. 9). Ce bourgeon primitif se ramifie et se développe considérablement, en restant coiffé de la tunique séreuse de l'intestin. Après avoir produit le foie, le bourgeon primitif persistera sous forme de conduit excréteur de l'organe. Outre ce rapport direct avec le duodénum, le foie affecte avec l'intestin des connexions vasculaires des plus curieuses. Les vaisseaux sanguins qui viennent de l'intestin et qui renferment une partie des principes absorbés, se réunissent en un gros tronc veineux, appelé *veine porte*. Au lieu de se jeter dans l'une des veines caves, comme les veines à sang noir des autres organes, la veine porte se dirige vers le foie et s'y ramifie en vaisseaux capillaires. C'est seulement au sortir du foie que le sang amené par la veine porte est déversé dans la veine cave inférieure (voir fig. 46).

Chez l'adulte, le foie (fig. 44, 5) a une forme ovoïde, convexe en haut du côté du diaphragme, excavée en bas du côté de l'intestin. Il est situé dans la partie supérieure et droite de la cavité abdominale; il est protégé par les sept ou huit dernières côtes. Celles-ci lui impriment des sillons permanents quand un lien circulaire, tel que le corset, y exerce une pression continue. Il est maintenu dans cette situation par des replis de la séreuse abdominale, qui l'enveloppent et le rattachent au diaphragme. La figure 44 montre un de ces replis en forme de faux, qui partage la face supérieure du foie en une partie droite plus volumineuse (*lobe* droit) et en une partie gauche (*lobe* gauche). Ce dernier est en rapport avec la petite courbure de l'estomac. A droite du duodénum et au-dessous du bord antérieur du foie,

on aperçoit le fond d'une poche, qui est la *vésicule du fiel* ou *biliaire* (*bilis*, bile) (2).

La face inférieure du foie présente des particularités plus importantes. Pour l'examiner, il faut renverser le foie. Le foie ainsi relevé comme le montre la figure 45, on voit que cette face, inférieure chez l'homme, postérieure chez les quadrupèdes, se trouve toujours regarder la masse intestinale. Dans cette

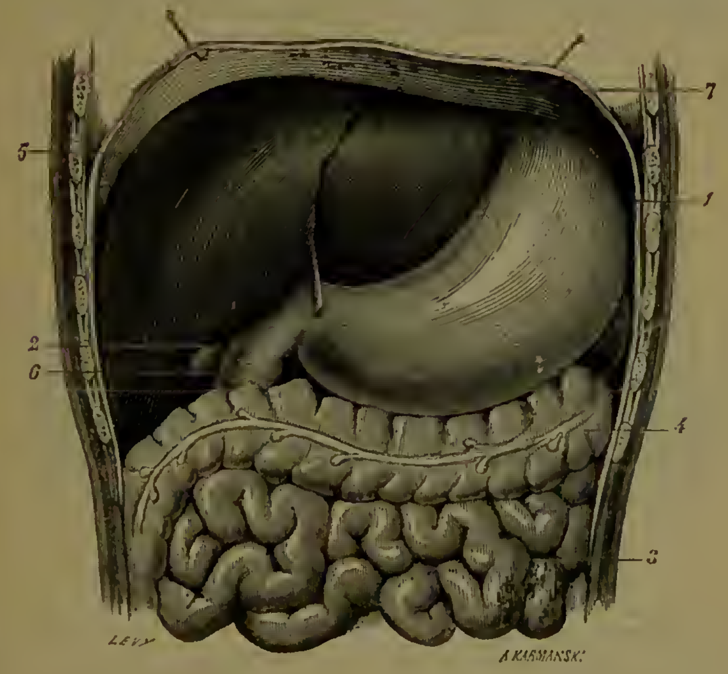


Fig. 44. — Vue du foie, de l'estomac et des parties voisines de l'intestin en place.

1, estomac ; 2, vésicule biliaire ; 3, intestin grêle ; 4, gros intestin ; 5, foie ; 6, duodénum ; 7, diaphragme (dont la partie ventrale a été relevée).

position, on constate que le lobe gauche (A) est limité par un sillon, et le lobe droit (B) par un autre ; les deux sillons vont du bord ventral vers le bord dorsal du foie. La vésicule du fiel (1) est logée dans la partie antérieure du sillon droit ; un cordon fibreux (10) se voit dans le sillon gauche. La veine cave (8) occupe la partie dorsale du sillon droit. Dans l'espace médian délimité par les deux sillons, on aperçoit deux parties, ou *éminences*, secondaires du foie. L'antérieure a une forme carrée : d'où le nom de *lobe carré* (D) ; la postérieure (C) est appelée *lobe*

de Spigel, du nom du médecin belge qui l'a bien décrite au début du XVIIe siècle, bien que Galien la connût déjà. Il importe de remarquer que cette distinction en lobes a un certain intérêt au point de vue topographique et médical, mais que la substance même du foie se continue d'un lobe à l'autre.

Entre le lobe carré et le lobe de Spigel, on voit un sillon qui est dirigé en travers : c'est le *hile* du foie. Il loge les vaisseaux aboutissant au foie, ainsi que le canal excréteur partant de ce

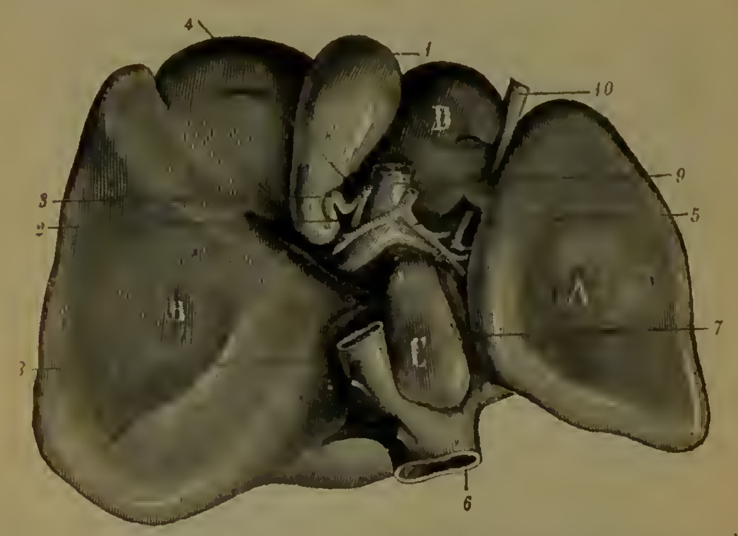


Fig. 45. — Foie relevé de façon que sa face intestinale est vue de face : son bord antérieur est devenu supérieur, et son bord postérieur, inférieur.

A, lobe gauche; B, lobe droit; C, lobe de Spigel ou éminence porte postérieure; D, éminence porte antérieure ou *lobe carré*; 1, vésicule biliaire; 2, canal hépatique; 3, canal cystique; 4, canal cholédoque; 5, artère hépatique; 6, veine cave inférieure; 7, cordon fibreux; 8, 8', veines sus-hépatiques, dont la droite a été sectionnée; 9, veine porte; 10 cordon fibreux résultant de l'oblitération de la veine ombilicale.

organe. Les vaisseaux sont l'*artère hépatique* (5) (*hépar*, foie) et la veine porte (9). Le canal excréteur du foie s'appelle *canal hépatique* (2). Celui-ci se divise plus loin en deux conduits : l'un (3), le *canal cystique* (*kystis*, vessie), va à la vésicule biliaire (1), et l'autre (4), le *canal cholédoque* (*cholédochos*, qui conduit la bile), se prolonge jusque dans l'intestin. Le canal cholédoque est sectionné sur la figure; mais si l'on se reporte aux figures 40 et 41, on voit qu'il continue son trajet derrière le duodénum et le pancréas pour déboucher, à côté du canal de Wirsung, dans l'ampoule de Vater. C'est par là que la bile se déverse dans l'intestin.

Au total, le foie est une glande dont le hile émet d'une part le conduit excréteur (canal hépatique et canal cholédoque), et reçoit d'autre part l'artère hépatique lui amenant le sang rouge, et la veine porte chargée de sang noir et d'une partie des produits de la digestion. Je ne saurais trop répéter que la veine porte (fig. 46, VP) est placée entre le système capillaire de l'intestin (CI) et le système capillaire du foie (CF). C'est seulement après avoir traversé ces deux systèmes capillaires que le sang, qui a passé par l'intestin, puis par le foie, se jette dans les veines sus-hépatiques. Celles-ci (SH) le déversent ensuite dans la veine cave (VC), qui le conduit à l'oreillette droite (OD) du cœur.



Fig. 46. — Système porte du foie.

I, anse intestinale avec les capillaires (CI); VP, tronc de la veine porte; CF, capillaires du foie; SH, veines sus-hépatiques; VC, veine cave inférieure; OD, oreillette droite.

Substance hépatique. — Si, pour prendre une idée de la nature du foie, nous y pratiquons une section, nous apercevons une substance assez ferme, mais friable, pleine de sang. Les anciens l'appelaient, avec Galien, la *pulpe* ou *boue hépatique*, et jusqu'au XVIIe siècle on considérait la substance du foie comme du sang épanché et caillé.

On s'explique par là l'opinion de ceux qui faisaient du foie l'organe formateur de la bile et du sang : la veine partant du sillon transverse était considérée comme l'une des principales *portes* de sortie du sang : d'où son nom de *veine porte*.

Lobules. — Si nous regardons avec attention, à l'œil nu, la surface de section du foie, nous y apercevons une belle mosaïque circonscrite par des lignes blanchâtres : la figure 47 (*vq*) reproduit cet aspect présenté par le foie du porc, où cette dispo-

sition est très nette. On voit, en effet, que les lignes blanchâtres (noires sur le dessin) délimitent, en s'entre-croisant, une série de petits territoires de couleur rougeâtre, chacun gros d'un millimètre environ.

Fig. 47. — Portion de foie de porc (vue à l'œil nu).

a, grains glandulaires ou lobules; le point noir, central, est la veine centrale; *vq*, espaces et vaisseaux entre les lobules; *ah*, grosse branche de la veine porte; *cb*, petit canal biliaire.

Vers le milieu du XVII[e] siècle, le médecin italien Malpighi compara, le premier, chaque territoire au grain d'une glande, telles que les salivaires, qui serait appendu au bout de l'un des rameaux du canal hépatique. Il appela chaque territoire un *acinus* ou *lobule* hépatique. Bien qu'il y en ait des milliers dans le foie, ils se ressemblent tous au fond, ce qui réduit notre étude à l'examen d'un seul.

Structure du lobule. — Si nous examinons au microscope une section mince pratiquée sur le foie, nous retrouvons les lignes blanchâtres dont nous avons parlé plus haut, et qui non seulement séparent les lobules les uns des autres, mais forment à chacun une enveloppe conjonctive (fig. 48). C'est dans cette enveloppe *interlobulaire* que vont se rendre, en se ramifiant, les divisions de la veine porte, de l'artère hépatique et du canal hépatique (fig. 48, *ei*).

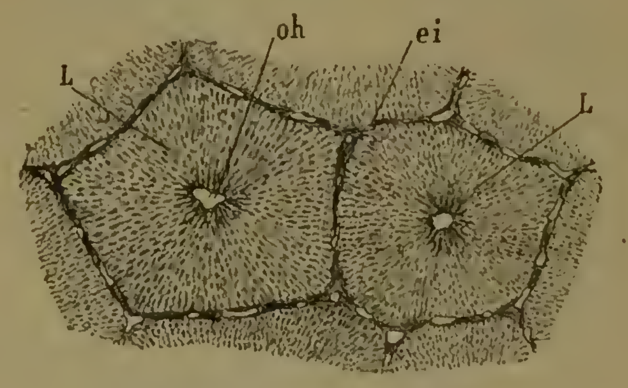


Fig. 48. — Lobules hépatiques grossis.

LL, lobules; *ei*, espaces interlobulaires; *oh*, veine centrale du lobule.

Quant à la substance même du lobule, elle est constituée par

une série de traînées (fig. 48 et 51) qui partent de son centre pour rayonner vers la périphérie ; les traînées elles-mêmes résultent de la juxtaposition de cellules ayant la forme de polyèdres, *cellules hépatiques*. Ce sont des cellules épithéliales pressées les unes contre les autres, deux ou trois fois aussi volumineuses qu'un globule rouge du sang (fig. 49) ; elles sont composées, comme les autres cellules, d'un protoplasma réticulé (*r*) et d'un noyau (*n*).

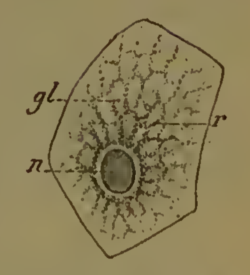


Fig. 49. — Cellule hépatique fortement grossie.

n, noyau ; *r*, réseau formé par le protoplasma ; *gl*, glycogène.

Il est intéressant de déterminer les rapports qu'affectent les traînées glandulaires avec les divisions de la veine porte d'une part, avec les conduits ultimes du canal hépatique d'autre part.

Réseau capillaire du lobule. — Les branches de la veine porte (fig. 50 et 51, *vp* et *vq*) arrivées dans les espaces interlobulaires donnent à droite et à gauche des ramuscules qui pénètrent dans les lobules voisins ; dans le lobule même, les vaisseaux se placent entre les traînées glandulaires, en se subdivisant et en s'anastomosant de façon à former un réseau capillaire (*rq*). Celui-ci gagne ainsi le centre du lobule : le réseau capillaire se jette alors dans la veine *centrale* ou *hépatique* (*vh* et *vc*) du lobule. Celle-ci se réunit plus loin à la veine centrale des autres lobules et forme plusieurs grosses veines (sus-hépatiques) se terminant dans la veine cave infé-

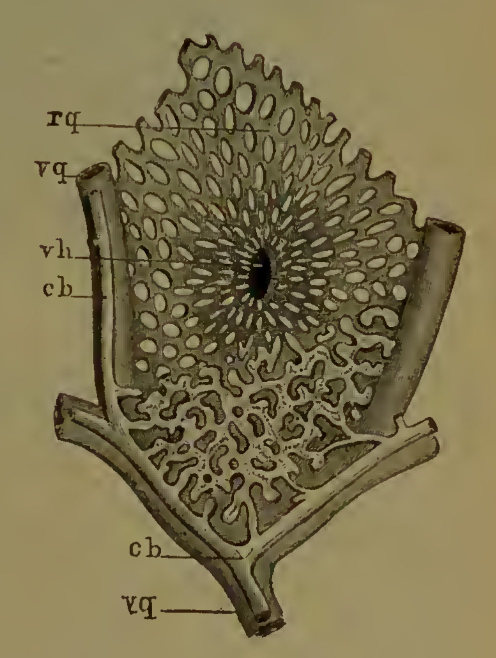


Fig. 50. — Lobule hépatique très grossi.

vq, un rameau de la veine porte ; *rq*, capillaires du lobule coupés en travers ; *vh*, veine centrale du lobule ou veine sus-hépatique ; *cb*, canaux biliaires situés entre deux lobules.

rieure. Le sang venant de l'intestin parcourt de cette façon les lobules du foie pour rentrer, par l'intermédiaire de la veine cave inférieure, dans la circulation générale.

Origine des conduits biliaires. — Si nous examinons d'abord le foie des vertébrés inférieurs (poissons, reptiles), nous voyons entre deux séries (*s*) de cellules hépatiques un espace intermédiaire, une sorte de vide rempli de bile (fig. 51, *c' b'*), tandis que les



Fig. 51. — Vaisseaux sanguins et canalicules biliaires d'un lobule hépatique.

s, traînée de cellules hépatiques; *c' b'*, canalicules biliaires; *cb*, canaux biliaires; *ep*, épithélium du canal biliaire en dedans de la membrane conjonctive; *vp*, branche interlobulaire de la veine porte; *r'q'*, réseau capillaire du lobule; *vc*, veine centrale du lobule, origine des veines sus-hépatiques.

capillaires sanguins se trouvent groupés sur le pourtour de cette traînée. L'espace *c' b'* représente l'origine des voies biliaires ou *canalicules biliaires*, qui se continuent plus loin en *cb*, avec un canal, *canal biliaire*, revêtu de cellules d'abord basses (*ep*); devenant cylindriques dans les conduits plus gros (pl. I, fig. A).

Chez les mammifères, les traînées glandulaires d'un même lobule, au lieu d'être indépendantes les unes des autres, se relient réciproquement par des traînées latérales. Chaque lobule nous offre donc un véritable réseau formé par les cellules hépatiques (pl. I, fig. B).

En second lieu, les espaces intermédiaires aux cellules ou canalicules biliaires n'existent pas seulement entre deux séries cellu-

Explication des figures de la Planche I (p. 75).

Le *jaune* représente les voies biliaires; le *bleu*, le système de la veine porte, le réseau capillaire du foie et l'origine des veines sus-hépatiques.

Fig. A. — *Figure théorique d'un lobule hépatique d'un vertébré inférieur* (poisson, reptile) (très grossie).

Fig. B. — *Section du foie de l'homme, montrant un lobule hépatique complet et une portion des lobules voisins* (L L L L) (très grossie).

L, L, lobules;

S, cellules hépatiques;

c' b', canalicules biliaires;

cb, canaux biliaires;

ep, épithélium du canal biliaire en dedans de la membrane conjonctive;

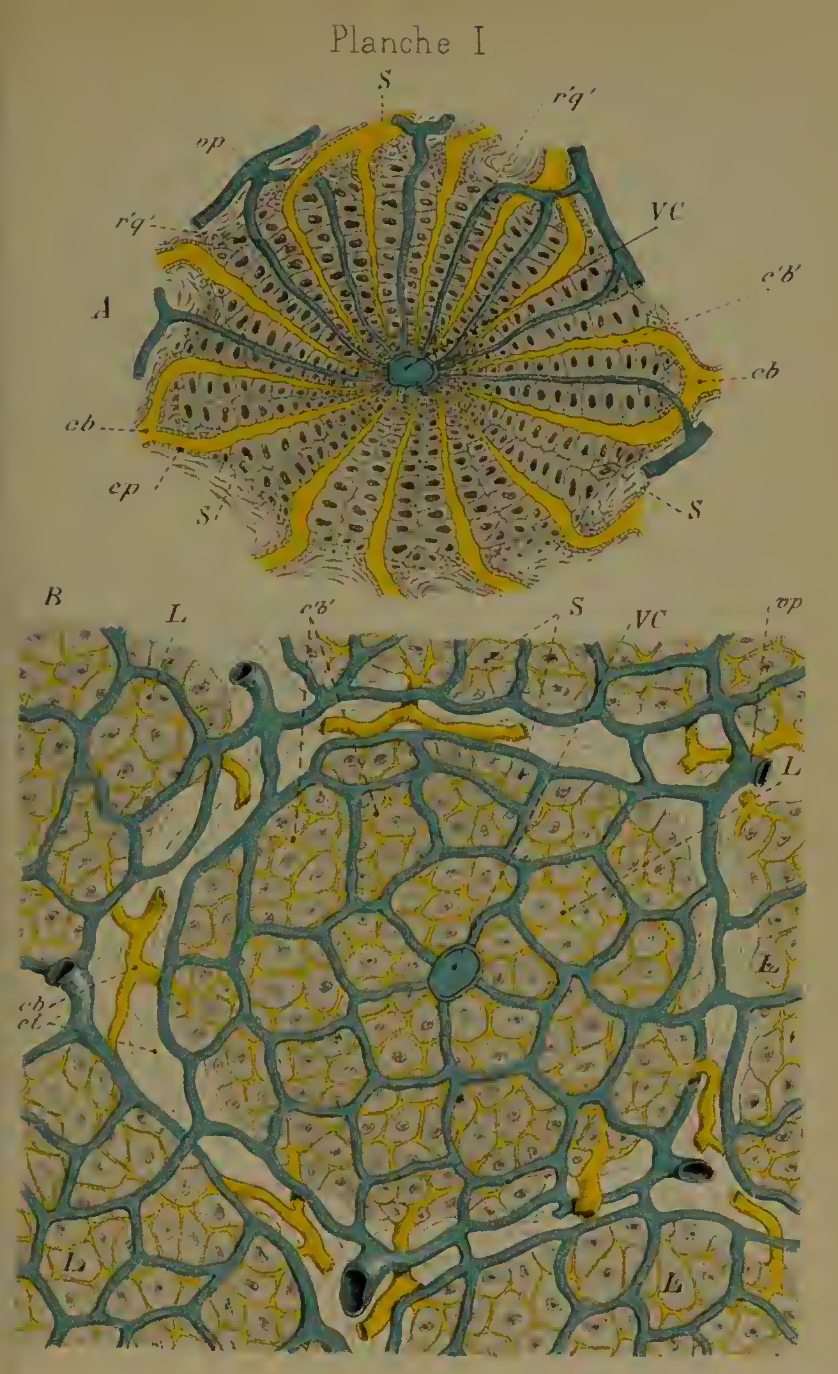
r' q', réseau capillaire du lobule;

vc, veine centrale du lobule, origine des veines sus-hépatiques;

ei, espaces interlobulaires;

vp, branche interlobulaire de la veine porte.

Planche I



A. Millot lith.

STRUCTURE DU FOIE

laires voisines ; sur chaque face de toute cellule hépatique se trouve creusé un demi-canal qui, se réunissant au demi-canal de la cellule voisine, devient un canalicule biliaire. Autrement dit, chaque face d'une cellule hépathique est côtoyée par un canalicule biliaire. Tandis qu'une maille du réseau sanguin du lobule contient dans son intérieur trois ou quatre cellules hépatiques, les canalicules biliaires sont à peine séparés à leur origine par la moitié de la largeur d'une cellule hépatique : ils sont donc plus nombreux et plus serrés que les capillaires sanguins (fig. B, *c'b'*).

Les canalicules ne sont par conséquent, je le répète à dessein, que des creux ou des rigoles formées par les faces excavées des cellules hépatiques ; en arrivant à la périphérie du lobule, ils se réunissent et parviennent dans des conduits limités par une membrane conjonctive et revêtus d'un épithélium (fig. 51, *ep*). Ces conduits ou canaux biliaires cheminent dans les espaces interlobulaires en s'abouchant avec ceux des lobules voisins ; ils constituent ainsi des branches de plus en plus grosses et de moins en moins nombreuses. En dernier lieu, celles-ci aboutissent au canal excréteur unique, ou *canal hépatique,* dont nous connaissons la terminaison (voir p. 68).

En résumé, chaque lobule hépatique peut être comparé, avec Malpighi, au grain glandulaire d'une glande ordinaire, telles que les salivaires ou le pancréas. Mais chaque traînée des cellules hépatiques formant le grain correspond à l'un des culs-de-sac dont se compose l'acinus d'une glande salivaire. Il y a, en outre, abouchement des espaces intercellulaires. Au lieu de donner naissance à un conduit excréteur unique, chaque traînée de cellules hépatiques est l'origine de nombreux canalicules biliaires. Cependant ceux-ci se réunissent en dernier lieu en un conduit excréteur commun, semblable au conduit de Sténon ou de Wharton.

Le caractère qui distingue le foie des autres glandes, c'est le groupement des traînées glandulaires autour des racines des veines sus-hépatiques. Chacune de celles-ci occupe le centre d'un territoire ou lobule hépatique.

Les cellules hépatiques produisent la *bile* (substance amère) et le *glycogène* (substance sucrée) : la première est entraînée par les canalicules biliaires occupant le centre des traînées cellulaires, tandis que le second (glycogène) s'en va sur le pourtour des traînées cellulaires et est emmené par les capillaires sanguins.

C'est là le problème que nous allons examiner en détail.

FONCTIONS DU FOIE

Le foie fabrique la bile. — C'est une notion vulgaire et bien ancienne que le liquide jaune, la *bile*, qu'on trouve dans la *vésicule du fiel*, provient du foie. Si cette vésicule vient à être rompue ou qu'on oublie de l'enlever, elle communique aux organes voisins une amertume toute particulière. La bile, ou fiel, est un liquide jaune, qui devient vert au contact de l'air. Il est neutre ou alcalin et renferme : 1° beaucoup d'eau ; 2° des sels minéraux (phosphates et chlorures) ; 3° des sels organiques (taurocholates et glycocholates de soude) ; c'est à ceux-ci que la bile doit son amertume, et ils contiennent tous les deux de l'azote ; le taurocholate renferme de plus 6 pour 100 de soufre ; 4° une matière colorante jaune, la *bilirubine* (*bilis*, bile ; *rubra*, rouge), qui, en s'oxydant, passe au vert ; enfin 5° une substance peu soluble, la *cholestérine*, se précipitant facilement et se présentant sous la forme d'aiguilles cristallines. Les sels biliaires et la cholestérine donnent souvent lieu à des dépôts solides dans les voies biliaires (*calculs*, cailloux biliaires), dont la présence et l'expulsion déterminent des douleurs violentes, connues sous le nom de *coliques hépatiques*.

Dans l'intervalle des repas (chez l'homme et chez les carnivores), la bile sécrétée par le foie (voir plus loin) s'accumule dans la vésicule ; puis, au moment où le chyme passe dans le duodénum, elle s'écoule dans l'intestin.

Les dégraisseurs savent que la bile enlève les taches de graisse. C'est également sur les corps gras que s'exercerait sa propriété digestive ; elle les émulsionnerait ou les dédoublerait en glycérine et acides gras ; elle servirait ainsi à l'absorption de la graisse. Une expérience courante dans les laboratoires semble le prouver : en détournant le cours de la bile par une canule introduite dans le canal cholédoque et en la laissant s'écouler au dehors, on voit le chien porteur de la *fistule biliaire* maigrir, ses poils tomber, tant qu'il ne reçoit qu'une ration alimentaire ordinaire. En même temps on constate qu'une quantité notable de corps gras s'en va avec les produits ultimes de la digestion. Pour rendre au chien toutes les apparences de bonne santé, il est nécessaire de lui servir des repas plus copieux, ou bien encore, comme l'a montré M. Dastre, de mêler à sa nourriture la bile qui s'écoule par la fistule.

Nous rappelons que toute la bile versée dans l'intestin ne s'en

va pas avec les excréments. Les principes de la bile y sont décomposés et une partie est de nouveau résorbée dans l'intestin et introduite dans l'organisme.

Il est intéressant de constater que, quand la bile ne peut s'écouler dans l'intestin par obstruction du canal cholédoque, elle s'accumule derrière l'obstacle, et, sa pression augmentant dans les canaux biliaires, elle finit par passer dans les vaisseaux sanguins du foie; ceux-ci la transportent dans les tissus, qui s'imprègnent de bilirubine : c'est là la maladie dite *jaunisse* ou *ictère hépatique* (*ictéros*, jaunisse).

Le foie fabrique du sucre. — Telle fut la seule fonction connue du foie jusqu'en 1840. A cette époque, Cl. Bernard trouva que les carnivores avaient du sucre dans le sang, comme l'avait montré son maître Magendie pour les herbivores. Il chercha l'organe qui détruisait le sucre. En injectant cette substance dans les veines des membres ou du cou, il retrouva du sucre dans l'urine; mais, en l'injectant dans la veine porte, il n'en vit plus passer dans l'urine. En analysant ensuite, sur un animal qui n'avait mangé ni féculents ni sucre, le sang de la veine porte (allant au foie), d'une part, et le sang de la veine sus-hépatique (sortant du foie) d'autre part, il trouva que le sang qui venait de traverser cet organe contenait plus de sucre. Il en conclut que le foie, loin de détruire le sucre, en produit. Pour montrer qu'il en est réellement ainsi, il enlève le foie sur un animal qui vient d'être sacrifié, il fait passer par les veines un courant d'eau, jusqu'à ce que le liquide sortant ne contienne plus trace de sucre. Alors il met ce *foie lavé* dans une étuve de 37° à 40°, et, au bout de quelque temps, il retrouve du sucre. En effet, le foie continue, dans ce milieu, à vivre et à travailler. Le foie est donc un organe formateur du sucre.

Cl. Bernard est arrivé dans la suite à isoler la substance qui produit le sucre; il l'a appelée *glycogène* (*glycos*, doux; *gennao*, je produis). C'est une matière amylacée, ayant une composition analogue à celle de l'amidon végétal ($C^6H^{10}O^5$); elle est répandue comme une sorte d'huile dans le réseau protoplasmique de la cellule hépatique. Traitée par l'alcool, elle y forme des granulations. En se chargeant d'eau sous l'influence de la vie cellulaire du foie, elle se transforme en glycose :

$$\underbrace{C^6H^{10}O^5}_{\text{Glycogène}} + H^2O = \underbrace{C^6H^{12}O^6}_{\text{Glycose}}.$$

Celui-ci est soluble et est emporté par le sang des veines sus-hépatiques.

La cellule hépatique produit donc le sucre ; mais on constate également que son protoplasma élabore les principes de la bile. Ceux-ci s'y présentent sous forme de granulations ayant les propriétés des substances colorantes et amères de ce liquide.

Une expérience ingénieuse de M. Dastre met le fait en pleine évidence : Chez le chien, les canaux biliaires quittent séparément le foie et restent distincts sur une certaine longueur avant de se réunir en un canal commun. Or, en liant l'un de ces canaux, il a constaté ce phénomène curieux, à savoir que la sécrétion du glycogène aussi bien que de la bile est supprimée dans le territoire correspondant au canal oblitéré. Le reste de l'organe, au contraire, continue à fonctionner comme à l'état normal.

Le foie forme donc du sucre, même lorsque l'alimentation ne lui en fournit pas. Si, au contraire, beaucoup de glycose est absorbé par le tube digestif et lui est amené par la veine porte, le rôle du foie se modifie : les cellules hépatiques arrêtent le sucre au passage, se l'incorporent en le déshydratant et le gardent sous forme du glycogène. Mais ce n'est là qu'un dépôt, une réserve, puisqu'elles restituent au sang le glycogène en l'hydratant et le distribueront à l'organisme quand il en aura besoin. Le foie non seulement produit, mais emmagasine le sucre en excès. Dans le cas de destruction partielle ou d'atrophie des cellules hépatiques, il n'en est plus de même : alors, après un repas riche en amylacés, le sucre qui est versé en excès dans le sang s'élimine par l'urine.

Autres fonctions du foie. — Outre ces deux fonctions importantes (glycogénique et biliaire), le foie, organe si volumineux et si constant chez les vertébrés, semble jouer un grand rôle dans la protection de l'organisme contre les empoisonnements. Non seulement les poisons peuvent être introduits par l'alimentation, mais les fermentations qui ont lieu dans le tube digestif en créent de particuliers aux animaux. Placé sur le trajet des substances absorbées, le foie en détruit un grand nombre. Je me borne à un seul exemple : en injectant *la même dose* de poison (quinine, nicotine, etc.) dans la veine d'un membre ou dans la veine porte, on voit, dans le premier cas, en résulter une intoxication et la mort, tandis que dans le second cas l'animal survit à l'expérience. C'est que le foie, placé sur le passage du poison, l'a arrêté et l'a transformé. Ceci rappelle l'action des cellules épithéliales du tube digestif sur le venin des serpents (voir p. 81).

Signalons enfin, pour terminer, deux autres fonctions du foie : il a un rôle dans la formation d'un des principes essentiels de l'urine (voir p. 150) : je veux parler de l'urée, qui résulte du

dédoublement et de l'oxydation des albuminoïdes. M. Brouardel a remarqué, dans les maladies du foie, qu'un afflux trop considérable de sang dans cet organe (*congestion*) occasionne la formation de 40 à 50 grammes d'urée, c'est-à-dire le double d'urée dans les 24 heures, tandis que dans l'atrophie des cellules hépatiques l'urée tombe à 5 et même 1 gramme par jour.

Disons enfin, pour terminer, que la matière colorante de la bile, la bilirubine, a une composition semblable à une substance provenant de l'hémoglobine (voir p. 86) : celle-ci forme la substance du globule rouge du sang et devient en s'altérant de l'hématoïdine, semblable à la bilirubine. Pour former de la bilirubine, le foie doit en emprunter les éléments aux globules rouges du sang; il *est* donc *destructeur*, et non, comme le pensait Galien, formateur des globules rouges.

PROGRESSION DES ALIMENTS DANS L'INTESTIN

Nous connaissons la tunique musculaire qui s'étend depuis le pylore jusqu'à la terminaison du tube digestif. Nous savons qu'elle est formée d'une couche de fibres musculaires lisses à direction longitudinale et d'une couche de fibres circulaires. De plus, la muqueuse a une musculaire propre comme l'estomac. A ces fibres musculaires arrivent des nerfs nombreux, qui proviennent du pneumogastrique et du sympathique (voir p. 291). Ces nerfs s'anastomosent en formant un double réseau, dit *plexus* (*plexus*, filet) : l'un est situé dans la tunique musculaire, l'autre dans la sous-muqueuse. De nombreux amas de cellules nerveuses (ganglions) s'observent sur le trajet des filets nerveux. Grâce à cet appareil nerveux, le système nerveux central est averti de la présence des matières ingérées et règle par un acte réflexe (voir p. 291) les mouvements de l'intestin, sans que nous en ayons conscience. Les contractions de l'intestin ont pour caractère de commencer en un point et de s'étendre lentement plus loin; nous savons qu'elles sont *péristaltiques* (de haut en bas) ou *antipéristaltiques* (de bas en haut). Il est facile de comprendre que, le resserrement se produisant en un point, les matières contenues dans le tube sont poussées plus loin. Les substances dites *purgatives* ou *laxatives*, le froid, etc. augmentent ces contractions; parfois même ces agents donnent lieu à une sensation spéciale, connue sous le nom de *coliques* proprement dites. Pour avoir une notion de ces mouvements intestinaux, il suffit de regarder la masse intestinale d'un poulet, d'un

lapin ou d'un bœuf, qu'on vient de sacrifier : au contact de l'air extérieur, les entrailles se tordent et les mouvements qui se propagent en divers sens rappellent le mieux ceux d'un tas de vers qui grouillent.

ABSORPTION ALIMENTAIRE

Voies de l'absorption. — Jusqu'au xviie siècle on ne connaissait que les vaisseaux sanguins de l'intestin et l'on admettait que les veines intestinales servaient seules à emporter les matières absorbées par le tube digestif.

Le 22 juillet 1622, le médecin italien Aselli, en ouvrant la cavité abdominale d'un chien vivant, aperçut dans le mésentère (fig. 52, 4)

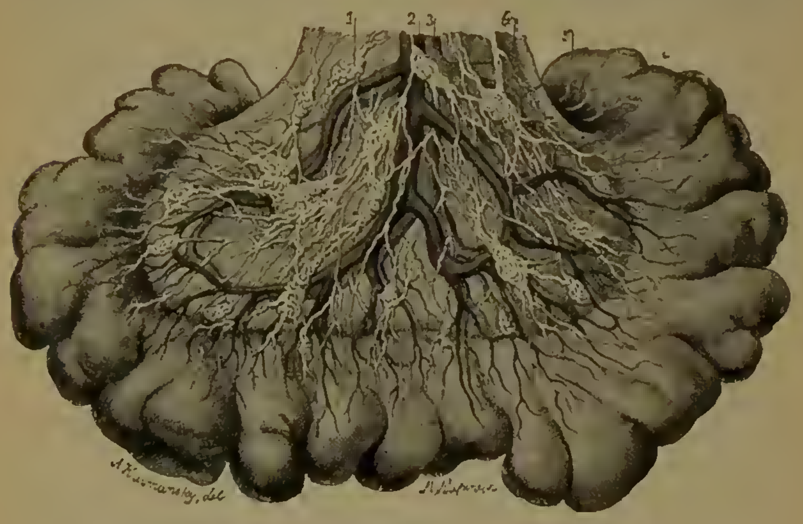


Fig. 52. — Anse intestinale (5) avec le mésentère (4).

1, vaisseau chylifère présentant des renflements (ganglions) ; 2, rameau de la veine porte ; 3, rameau de l'artère mésentérique.

une série de traînées blanches (1), qu'il prit d'abord pour des nerfs ; mais, les ayant piquées, il en vit sortir un liquide blanc. Il les chercha sur un autre animal, et il ne les retrouva plus. Alors se rappelant que le premier chien avait fait un repas copieux, tandis que le second était à jeun au moment de l'observation, Aselli reconnut qu'il faut ouvrir les animaux pendant la digestion pour voir les vaisseaux blancs, les *veines lactées* ou *vaisseaux chylifères* (1). (Galien avait donné le nom de *chyle* au liquide séparé des aliments par les actes de la digestion.)

Depuis lors, on crut que l'absorption des aliments se faisait exclusivement par la voie des vaisseaux chylifères, qui sont les lymphatiques de l'intestin (voir *Lymphatiques*). Aujourd'hui l'on sait que les albuminoïdes (peptones) passent principalement dans les veines intestinales, et les corps gras dans les chylifères. Quant au sucre (glycose), il est emporté aussi bien par les vaisseaux sanguins que par les chylifères. Dans ces derniers, les corps gras existent à l'état de corpuscules très fins.

Conditions de l'absorption. — Comment les liquides qui se trouvent dans le canal intestinal peuvent-ils traverser les parois pleines du tube et passer dans l'intérieur des vaisseaux? Commençons par examiner le passage des liquides, des *boissons*. Celles-ci sont formées surtout d'eau tenant en dissolution des sels minéraux. On sait la rapidité avec laquelle les boissons renfermant du vin ou de l'alcool, par exemple, passent dans le sang. En effet, ingérées dans le tube digestif, elles provoquent en peu de temps, par leur passage dans le tissu nerveux, les phénomènes d'excitation qui précèdent ou accompagnent l'ivresse.

Quant aux aliments solides, ils sont rendus solubles par l'action qu'exercent sur eux les sucs digestifs. Nous avons vu comment les glandes salivaires et le pancréas, par exemple, préparent un liquide qui transforme les féculents en glycose: comment le suc gastrique et le suc pancréatique fluidifient et hydratent les albuminoïdes et les transforment en peptones. Dans ces conditions, les aliments traversent les parois du tube digestif comme les boissons, et font partie de nos tissus. C'est ce passage à travers des membranes fermées qui constitue l'*absorption*.

Endroit où a lieu l'absorption. — Dans quel segment du tube digestif l'absorption se fait-elle surtout? La muqueuse buccale, le pharynx et l'œsophage s'opposent à l'absorption en raison de l'épaisseur de leur revêtement épithélial. Pendant quelque temps, on a cru que l'estomac n'absorbait pas non plus : en effet, en faisant ingérer à un cheval une solution de noix vomique (qui contient un poison violent, la *strychnine*) et en liant le pylore, on n'a pas vu survenir d'empoisonnement. D'où l'on a conclu hâtivement que l'estomac s'opposait à l'absorption. Cependant, si l'on ôte plus tard le lien du pylore et qu'on rétablisse le cours des matières, l'animal n'est pas empoisonné dans la suite. Cette expérience indique donc que l'absorption a lieu dans l'estomac, mais si lentement, que le poison qui arrive dans le sang a le temps de s'éliminer par les urines avant que la quantité absorbée soit suffisante pour tuer l'animal.

Donc l'absorption est faible dans l'estomac et se fait principale-

ment dans l'intestin, où les villosités jouent le rôle de racines absorbantes.

Mécanisme de l'absorption. — Par quel mécanisme se fait l'absorption? Il est à peine besoin de mentionner l'opinion des anciens, qui admettaient des trous préformés, des bouches absorbantes dans les parois intestinales. Pendant longtemps ce rôle a été attribué aux orifices des glandes de Galeati. Aujourd'hui nous savons que ces glandes servent à la sécrétion du suc entérique et non à l'absorption.

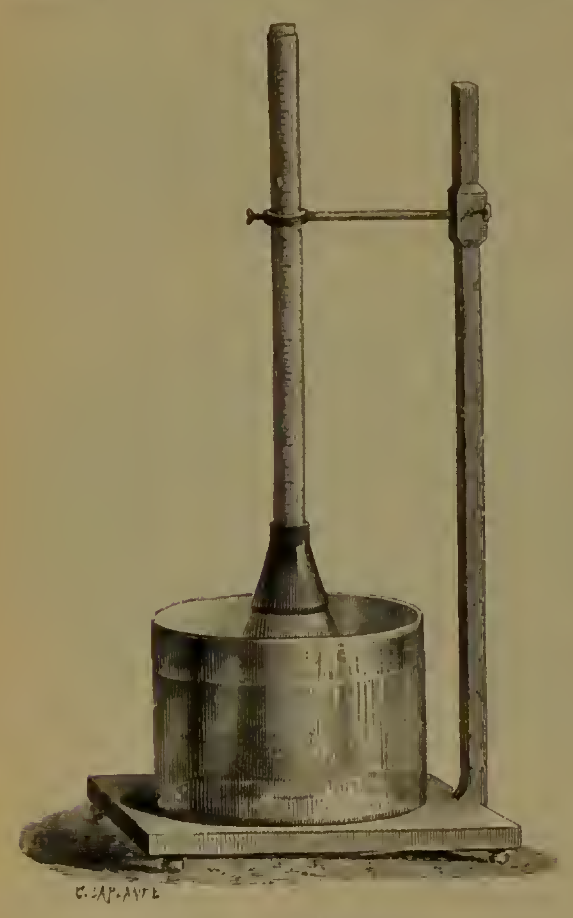


Fig. 55. — Endosmomètre.

Théorie physique. — Au commencement de ce siècle, le médecin français Dutrochet pensait pouvoir ramener l'absorption à un phénomène physique. On supposait que les choses se passaient comme dans l'appareil suivant, dit *endosmomètre* (*endos*, dedans; *osmos*, action de pousser). Prenons un tube de verre, ouvert en haut et renflé en bas; fermons cette extrémité inférieure à l'aide d'une membrane animale (vessie de porc, etc.). Versons-y une solution d'eau sucrée, de sel, etc., et plongeons-le dans un vase rempli d'eau distillée. Au bout de quelque temps, le niveau de la solution monte dans le tube à une hauteur qu'on peut lire sur l'échelle graduée; mais, de plus, on constate qu'une partie du sucre ou du sel a passé dans le vase extérieur (fig. 55).

Il s'est donc produit deux courants : l'un qui s'est fait du grand vase vers le tube, c'est le plus énergique; et l'autre, en sens inverse, du tube vers le vase.

Tels sont les phénomènes connus sous le nom d'*osmose*, de *dialyse*. Il est à remarquer que les corps qui cristallisent traversent facilement les membranes pour se mélanger aux liquides qui en manquent : aussi les appelle-t-on *cristalloïdes*. D'autres substances, telles que la gélatine, dont on fait la colle, l'albumine, etc., les traversent difficilement : d'où le nom de *colloïdes* donné à ce dernier groupe.

Se fondant sur ces faits, on admit que, dans la digestion, les féculents sont transformés en glycose, les albuminoïdes en peptones, et que, sous cette dernière forme, ces matières se comportent comme les cristalloïdes et vont, par un phénomène osmotique, traverser les parois intestinales et se mélanger à nos tissus.

Selon cette théorie, les parties ainsi absorbées étant constamment emportées dans les torrents sanguin ou lymphatique, le sang et la lymphe de l'intestin sont toujours aptes à recevoir de nouvelles quantités de ces substances. Il est intéressant de remarquer que, si l'on remplace la vessie par un papier parcheminé ou même par une mince lame d'ardoise ou d'argile cuite, l'osmose se fait encore. Les pores creusés dans ces substances permettent le passage des liquides. Mais, loin de présenter des pores, la paroi intestinale est revêtue d'une couche de hautes cellules épithéliales formant une membrane continue. La présence de ce revêtement montre qu'il est impossible d'appliquer les résultats précédents aux organismes vivants.

Un seul exemple suffira pour le prouver : le *venin* des serpents ou d'autres animaux, ou bien encore le *curare*, poison terrible dont les Indiens de l'Amérique du Sud empoisonnent leurs flèches, produisent des effets mortels quand ils sont portés *sous* la peau ou *sous* une muqueuse. Mais, ingérés dans le tube digestif, ils ne déterminent aucun accident. Ce n'est point parce qu'ils sont absorbés trop lentement ; il est probable qu'ils sont modifiés par les sucs digestifs et par l'épithélium qu'ils traversent.

Toutes les substances dont nous venons de parler échappent à notre examen dès qu'elles sont fluidifiées. Cependant nous savons parfaitement que la composition du corps reste la même, quelle que soit la provenance de l'aliment ; la chair du mouton ou du porc, dont nous nous nourrissons, est transformée par les sucs digestifs et par les membranes qu'elle traverse, de telle sorte qu'elle devient semblable, comme composition, à notre propre substance. Tous ces phénomènes parlent en faveur d'une action particulière, exercée par les cellules vivantes de l'intestin sur l'aliment.

Il existe une catégorie d'aliments bien intéressants, parce qu'on peut les examiner et les suivre au microscope : ce sont les *matières grasses*, qui se présentent sous forme d'émulsions, c'est-à-dire de corpuscules très fins, de 1 à 10 millièmes de millimètre, en suspension dans un liquide.

Bien des explications ont été proposées pour l'absorption de la graisse. Tant qu'on admettait des orifices sur la muqueuse intestinale, on croyait que les corpuscules graisseux pénétraient par ces orifices dans les tissus. Après la découverte, faite vers 1825 par Raspail, de la couche épithéliale ininterrompue, on s'ingéniait à chercher des pores dans la cellule épithéliale. On crut les avoir trouvés dans le plateau qui surmonte leur extrémité libre. Aujourd'hui l'on sait que ce plateau renferme des stries *pleines*, et non point des canalicules.

Théorie mécanique. — Alors on admit qu'une anse intestinale se contractait énergiquement sur deux points voisins, et, se transformant en une vésicule close, exerçait une pression capable de faire pénétrer de force les gouttelettes graisseuses et les autres liquides dans les villosités.

Théorie de l'absorption par les globules blancs. — Plus près de nous, voyant comment une cellule libre et mobile, telle qu'un globule blanc, pouvait, par les prolongements mobiles de son protoplasma, entourer, puis englober et incorporer les particules étrangères, on supposa que la cellule épithéliale procédait de même à l'égard des corpuscules graisseux. Certains vertébrés inférieurs, tels que la grenouille, possèdent dans leur tube digestif des cellules munies de cils vibratiles, qui agiraient à la façon du globule blanc. L'incorporation des globules graisseux se ferait par des mouvements actifs du protoplasma des cellules épithéliales.

Chez les mammifères, où les cellules épithéliales sont privées de cils vibratiles, on fit jouer un rôle analogue aux globules blancs : ceux-ci arriveraient au

contact des cellules épithéliales, les perforeraient et, par les fenêtres ainsi pratiquées à la surface de la muqueuse, viendraient s'emparer de la graisse et la transporter ensuite dans les tissus.

Deux faits d'observation nous empêchent d'accepter cette manière de voir : 1° les particules de charbon ou de matières colorantes ne pénètrent jamais dans la muqueuse intestinale, bien que les leucocytes les incorporent aisément ; 2° les éléments pris pour des globules blancs sont de vieilles cellules épithéliales en train de dégénérer.

L'absorption consiste en un fait de nutrition des cellules épithéliales. — En nourrissant des animaux, surtout des batraciens (tritons), avec des larves de phrygane, qui sont remplies de corps gras, M. Nicolas (de Nancy) a constaté que les cellules épithéliales de l'intestin se remplissent de boules graisseuses. Le siège de celles-ci est constamment dans la partie interne (du côté libre) de la cellule (*gr*). Ce qu'il y a de remarquable, c'est que le plateau (*pl*) et une mince couche sous-jacente manquent toujours de corps gras. Jamais, à aucun moment de la digestion, on ne voit de corpuscule graisseux dans ces parties. Ces faits semblent montrer que les corps gras ne pénètrent pas à l'état de gouttelettes à travers le protoplasma ; ils seraient d'abord dédoublés en principes solubles (glycérine, acides gras) et la cellule s'en emparerait par un travail actif de nutrition. Après avoir imbibé le protoplasma de la cellule épithéliale, les principes des corps gras (glycérine, acides gras) se réunissent de nouveau et y forment un dépôt visible à l'état de corpuscules graisseux (fig. 54, 2).

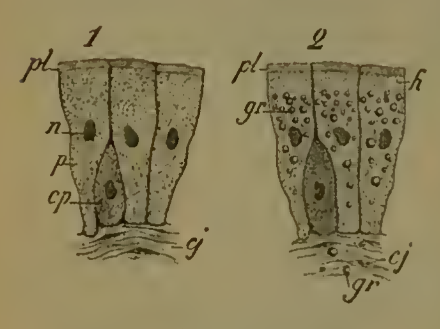


Fig. 54. — Épithélium intestinal.

p, cellule cylindrique avec son noyau *n*); *cp*, cellule profonde ; *pl*, plateau ; *cj*, tissu conjonctif du chorion. — 1, état de l'épithélium avant la digestion ; 2, aspect de l'épithélium après l'absorption ; *h*, segment de la cellule sous-jacent au plateau (*pl*) ; *gr*, corpuscules graisseux.

L'expérience suivante montre le rôle actif de la cellule épithéliale en présence des substances qui se trouvent dans le tube digestif : En injectant du sulfate de magnésie, qui est un purgatif, dans une anse intestinale d'un chien, d'un lapin ou d'un cochon d'Inde *vivants*, M. Heidenhain a vu que la portion libre de la cellule épithéliale se sépare de la portion adhérente. La portion séparée est une petite masse de protoplasma munie seulement d'un plateau et de stries, la substance intermédiaire entre les stries s'étant dissoute. Cette petite masse ressemble alors à une cellule ciliée.

Au contact du corps irritant (sulfate de magnésie), il s'est produit un travail actif dans le protoplasma. Celui-ci s'est rempli de liquide et la portion libre de la cellule s'est séparée de la portion adhérente. Lorsqu'on fait l'expérience sur un animal qui vient de mourir, on n'observe jamais la formation de ces masses libres de protoplasma aux dépens des cellules épithéliales.

De ces faits nous concluons que l'absorption ne se réduit pas à un simple phénomène osmotique ; les aliments modifiés par les sucs digestifs sont choisis par les cellules épithéliales, qui s'en nourrissent et les transportent plus loin. Dans certaines maladies où l'épithélium tombe, il n'y a plus d'absorption. Le protoplasma cellulaire semble donc jouer un rôle actif non seulement dans la sécrétion du suc gastrique, pancréatique, etc., mais encore dans la pénétration des substances alimentaires, de telle sorte que les mêmes principes sont digérés et

absorbés d'une façon toute différente selon l'état de santé ou de maladie de l'individu qui les a ingérés.

ORGANES DE LA CIRCULATION

1° SANG

Tout le monde connaît le sang. Ainsi que chacun l'a vu sur une coupure, le sang coule d'abord *liquide*; puis peu à peu une portion se prend en une sorte de gelée, devient consistante et se coagule, c'est-à-dire que le sang se caille. Ce changement d'état, qui fait que le sang, de liquide, devient consistant et solide, est un phénomène des plus curieux, qu'il convient d'étudier en détail. Dans notre corps, le sang est contenu dans des tubes complètement fermés : on les appelle *vaisseaux sanguins*.



Fig. 55. — Sang qui s'est caillé.

A, sérum ; B, caillot nageant dans le sérum.

1re *Expérience.* — En recevant une certaine quantité de sang liquide de poulet, de lapin, etc., dans un vase (fig. 55), on constate, au bout de quelque temps, qu'il s'est partagé en deux parties : l'une liquide, dite le *sérum* (petit-lait) ; l'autre, de couleur rouge foncé, représente une sorte de gelée de groseille, qui nage dans le *sérum* : on l'appelle le *caillot* (*coagulum*).

2e *Expérience.* — Il est des animaux dont le sang met un certain temps à se coaguler ; tel est le cheval. Aussi peut-on varier l'expérience précédente : en laissant reposer du sang de cheval liquide pendant une dizaine de minutes dans un vase semblable au précédent, on voit se déposer, au fond du vase, une portion rouge dite *cruor* (*cruor*, sang), et, en versant doucement le liquide qui surnage (*liquor* ou *plasma*), on voit ce dernier se séparer en sérum et en caillot, mais cette fois le caillot est blanc. En examinant le cruor au microscope, on voit qu'il est composé de petits corpuscules, les globules du sang, dont l'immense majorité est rouge,

globules rouges ou *hématies* (*haima*, sang). Quelques-uns sont incolores, *globules blancs*, *leucocytes* (*leucos*, blanc; *kytos*, cellule).

En portant le caillot blanc de la 2e expérience sous le microscope, on aperçoit des filaments multiples qui s'entre-croisent en tous sens et qui ont fait donner à la substance le nom de *fibrine* (*fibra*, filament).

Nous conclurons donc de ces faits que le sang se compose 1° d'une partie ayant la forme de corps figurés : c'est le *cruor* (globules rouges et blancs du sang); 2° d'une partie liquide, le *liquor* ou *plasma*. Ce dernier se décompose spontanément en *fibrine* et en *sérum*.

Dans la 1re expérience, quand on abandonne le sang tel quel dans un vase, la fibrine se forme avant que les globules se soient déposés; elle les englobe comme dans un filet, de sorte que le caillot est formé de globules et de fibrine.

Il est facile d'isoler la fibrine : il suffit de battre avec un balai le sang au sortir des vaisseaux ; les filaments de fibrine s'attachent au balai et se présentent sous la forme d'une masse blanche, opaque et résistante.

Dans 1 litre, c'est-à-dire dans 1000 parties de sang, il y a environ 10 parties de fibrine, 440 parties de globules et 550 parties de sérum.

Quelle est la cause de la coagulation du sang? En refroidissant le sang, on retarde la coagulation. A l'état sain, le contact de la paroi des vaisseaux sanguins prévient et empêche la coagulation; dès que les vaisseaux sont malades, il s'y dépose des caillots fibrineux. La formation du caillot est d'une importance capitale dans les hémorragies; elle donne lieu à un bouchon obturateur empêchant la sortie du sang, qui reste dans les vaisseaux. L'eau *très chaude*, le perchlorure de fer, le tannin aident la formation du caillot; ce sont des *hémostatiques* (*haima*, sang; *staticos*, qui arrête), qu'on applique sur les plaies pour arrêter l'écoulement du sang.

Le sérum du sang a une composition des plus complexes et variable à tout moment; la plupart des produits de la digestion (albumines, glycoses, sels, eau) passent en effet dans le sang, qui les transporte dans les tissus. Dans ces derniers, le sang se charge en outre des produits de déchet résultant du jeu des organes.

Notons immédiatement que le sang n'est pas un simple liquide tenant en suspension les globules du sang, et maintenant en dissolution de l'albumine, de la fibrine, du sucre et des sels minéraux. Il constitue un tissu dont les diverses parties ont chacune

leur vie propre. Le fait suivant est démonstratif à cet égard : les globules sanguins et le plasma font chacun leur choix dans les sels minéraux ; les premiers renferment surtout des sels de potassium, et le plasma contient les sels de sodium.

Globules rouges ou hématies. — Pour étudier les globules rouges, il suffit de se piquer la pulpe des doigts avec une aiguille ; la goutte de sang qui sort est recueillie sur une lame de verre et recouverte d'une lamelle plus mince ; en empêchant l'évaporation de diverses façons et en portant la lame sous le microscope, on voit, à un grossissement de 150 à 200 diamètres, une quantité innombrable de corpuscules, *jaune-verdâtre* quand ils sont isolés, et *rouges* lorsqu'ils sont en couche épaisse. Ils ont été vus au XVIIe siècle par Malpighi, qui les prit pour des corpuscules de graisse. Aujourd'hui on connaît bien leur nature. Chez l'homme, ils ont la forme de disques excavés sur leurs deux faces (fig. 56, *m*) ; leur grand diamètre est de 7 millièmes de millimètre et leur épaisseur de 2 millièmes de millimètre. Il en faudrait par suite 140 environ, posés bout à bout, pour faire la longueur d'un millimètre, et, en en superposant 500, on aurait la hauteur d'un millimètre. Ils ont une grande tendance à s'accoler par leurs faces et à s'empiler comme des pièces de monnaie.

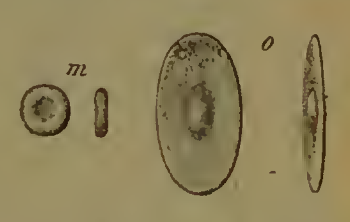


Fig. 56. — Globules sanguins de mammifères (*m*), de batraciens (*o*).

Malgré leur nombre, on est arrivé à les compter, en étendant le sang d'une solution qui ne les altère pas et en comptant les globules d'une quantité connue de ce liquide dilué ; une simple opération d'arithmétique donne le nombre de globules contenus dans un millimètre cube. Chez l'homme bien portant il y en a en moyenne 5 millions dans un millimètre cube ; ce qui fait 5×1000 ou 5 billions pour un centimètre cube, et pour un litre 5000×100 ou 5 trillions. Comme il y a environ 5 litres de sang dans le corps, le nombre d'hématies approche du chiffre de 25 trillions.

Ce n'est pas uniquement pour satisfaire la curiosité que l'on fait la numération des hématies ; certaines maladies (anémie, etc.), sont caractérisées par une diminution de ces éléments, et il est intéressant pour le médecin de savoir à quoi s'en tenir sur le nombre exact de globules rouges aux diverses périodes du traitement.

Variations de la forme des globules rouges selon les animaux. — Tous les vertébrés, sauf un poisson inférieur dit am-

phioxus, ont dans le sang des hématies. Elles sont la cause de la couleur rouge de ce liquide. Aristote s'est servi de ce caractère pour diviser les animaux en ceux qui ont du sang (*enaima*) et ceux qui n'en ont pas (*anaima*). Cependant les globules rouges n'ont pas partout la même forme, ni la même constitution. Les mammifères adultes ont des hématies biconcaves et discoïdes, sauf le lama et le chameau, où elles sont biconcaves, mais elliptiques. Quelques-uns en ont de plus grandes que l'homme : tels sont l'éléphant, la baleine; d'autres les ont plus petites, comme le mouton, la chèvre.

Les autres vertébrés (fig. 56, *o*) ont des hématies qui se distinguent de celles des mammifères par deux caractères : 1° elles sont biconvexes; 2° elles ont un noyau. Ce second caractère en fait des cellules véritables. Ajoutons immédiatement que, chez les mammifères très jeunes, on observe également des globules rouges pourvus d'un noyau : mais ceux-ci sont de bonne heure remplacés par des hématies sans noyau.

Chez les oiseaux, les globules rouges sont deux à trois fois plus gros que chez les mammifères; mais chez les batraciens on rencontre les globules les plus volumineux : les hématies de la grenouille sont longues de 22 millièmes de millimètre, de sorte qu'en en mettant 40 à la file on a la longueur d'un millimètre. Chez le triton et la salamandre, elles sont plus grosses encore, et enfin il y a des batraciens où elles atteignent 100 millièmes de millimètre, c'est-à-dire qu'elles sont visibles à l'œil nu et chacune se présente par transparence comme une gouttelette de gélatine.

Composition des globules rouges. — Les globules rouges sont formés d'une trame de protoplasma qui est chargée d'une substance spéciale, dite *hémoglobine* (*haima*, sang). L'hémoglobine est une matière albuminoïde qui présente le caractère singulier de renfermer du fer et de cristalliser; aussi porte-t-elle encore le nom d'*hématocristalline*. Pour l'obtenir dans cet état, il suffit de refroidir le sang jusqu'à la congélation en y versant de l'éther; il en résulte un dépôt sous forme de gelée qui, au microscope, montre des tablettes ou aiguilles cristallisées (fig. 57). Leur forme varie selon l'espèce animale d'où provient le sang. La présence du fer dans l'hémoglobine est intéressante; mais 100 grammes d'hémoglobine n'en contiennent qu'un demi-gramme environ et, pour avoir 1 kilogramme de ce métal, M. Colin (d'Alfort) a dû extraire le fer de l'ensemble du sang provenant de 100 chevaux.

Lorsque les globules rouges sortent des vaisseaux et s'épanchent dans les tissus, ils meurent : l'hémoglobine s'altère, perd son fer et forme des cristaux jaune-orangé (*hématoïdine*), qui sont remar-

quables à divers points de vue et surtout parce qu'ils ont la même constitution que la matière colorante de la bile. La bilirubine semblerait donc devoir son origine à la destruction des globules rouges dans le foie (voir p. 77).

L'hémoglobine a des propriétés qui font comprendre le rôle des globules rouges dans la respiration ; elle fixe l'oxygène de l'air, et en même temps devient une substance de couleur rouge rutilant : on l'appelle *oxyhémoglobine* (voir p. 141).

Globules blancs ou leucocytes. — A côté des globules rouges, on trouve dans le sang des globules incolores : ce sont des cellules sphériques formées d'une masse de protoplasma et d'un noyau. Leur état incolore, opposé à la teinte rouge des hématies, leur a valu le nom de *leucocytes* (voir p. 84). Ils sont un peu plus gros que les globules rouges ; chez l'homme, le globule blanc a 9 millièmes de millimètre, tandis que le globule rouge n'en a que 7. Chez la grenouille, le globule blanc a 14 millièmes de millimètre, c'est-à-dire qu'il est plus petit que le globule rouge du même animal, qui mesure 22 millièmes de millimètre.

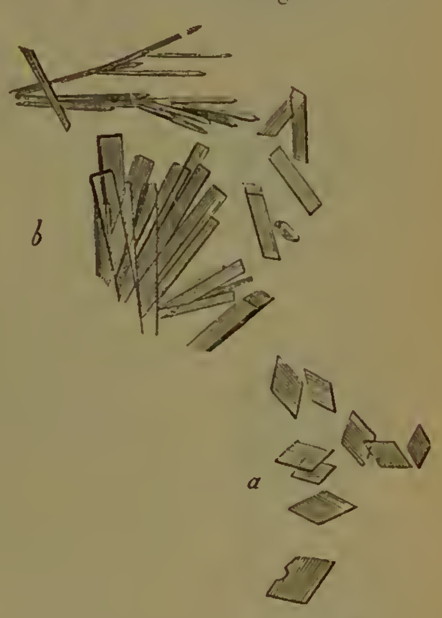


Fig. 57. — Cristaux d'hémoglobine.
a, tablettes cristallines ; *b*, aiguilles cristallines.

Le nombre des globules blancs est bien moindre que celui des globules rouges ; il n'y a pas longtemps, on croyait qu'il y avait 1 globule blanc pour 300 rouges ; mais des numérations plus exactes ont montré que, chez l'homme sain, il n'y a que 1 globule blanc pour 1000 globules rouges.

Les globules blancs sont doués de mouvements propres. — L'*histoire* des globules blancs présente un grand intérêt, parce qu'ils sont un objet d'étude facile et qu'ils montrent l'une des propriétés essentielles du protoplasma, le *mouvement*. Pour assister aux manifestations vitales de cet élément, il suffit d'examiner au microscope une goutte de sang, dont on empêche l'évaporation

et qu'on chauffe à 40 degrés lorsqu'il s'agit du sang des mammifères. Dans ces conditions, on voit le globule blanc, d'abord immobile, pousser sur un point de son corps un ou plusieurs prolongements, appelés *pseudopodes* (*pseudos*, faux ; *pous*, *podos*, pied). Ceux-ci s'allongent ; la masse du corps conflue vers ces prolongements (fig. 58, 2, *a*) qui grossissent. En même temps que le globule blanc a ainsi changé de forme, son corps se trouve déplacé du côté des pseudopodes. Tel est le mouvement dit *amiboïde*, parce qu'on l'observe sur les êtres inférieurs, les *amibes*, qu'on trouve sur les plantes aquatiques.



Fig. 58. — Globule blanc.

1, au repos ; 2, émettant à gauche, en *a*, des pseudopodes ; 3, le protoplasma conflue vers les pseudopodes ; 4, globule blanc revenu au repos, après déplacement (d'après le cours de M. Duval).

Grâce à cette propriété, les globules blancs qui se trouvent dans le sang ont leur mouvement propre, indépendant de celui du sang. On les voit ramper le long des parois des vaisseaux, et, dans certaines conditions, ils perforent les vaisseaux les plus fins et vont voyager dans les tissus. Aussi portent-ils le nom de *cellules migratrices*. Ils se trouvent encore dans la lymphe, dont ils forment les seuls éléments figurés et sont appelés pour cela *cellules lymphatiques*. Le pus est en partie formé de globules blancs morts.

Pour que les globules blancs se meuvent, il est nécessaire qu'ils soient pourvus d'oxygène. Lorsqu'ils manquent de ce gaz, ils cessent d'émettre des pseudopodes et paraissent inertes. Mais, dès qu'on fait pénétrer de l'oxygène sous la préparation, ils se remettent à progresser.

Une expérience très intéressante montre leurs instincts migrateurs : en mettant sous la peau d'une grenouille vivante un morceau de moelle de sureau, on trouve le lendemain de nombreux globules blancs dans les alvéoles de la moelle de sureau ; ils sont d'autant plus rares qu'on examine les parties plus centrales de cette moelle.

Lorsque les globules blancs rencontrent un corpuscule albumi-

neux ou autre, ils l'entourent de leurs pseudopodes, de sorte que le corps étranger est peu à peu englobé dans leur masse ; une fois incorporé, il est digéré par le globule blanc. Il arrive même parfois que le leucocyte contient des globules rouges, qu'il vient de dévorer.

En résumé, le globule blanc travaille par toutes les parties de son protoplasma : il fait un choix parmi les particules alimentaires qu'il rencontre, il les incorpore, et les digère; il respire et se meut par des mouvements propres.

Tels sont les principes du sang : nous savons déjà que les produits de la digestion passent dans ce liquide et nous verrons plus loin les échanges que fait le sang avec l'air et les tissus, de même que l'étude des organes lymphatiques, de la rate et de la moelle des os nous donnera quelques renseignements sur l'origine des éléments figurés du sang.

2° CŒUR ET VAISSEAUX

Le sang est contenu dans un système de canaux qui partent des ventricules du cœur (*artères*) et se ramifient dans les organes en se subdivisant en tubes de plus en plus fins (*capillaires*). Ces derniers se continuent par les *veines*, qui aboutissent aux oreillettes du cœur.

Cœur. — Le cœur est situé dans la poitrine, entre les deux poumons (fig. 10). En plaçant la main sur la poitrine, au niveau du sein gauche, on perçoit des mouvements et des chocs; ils sont produits par le cœur qui bat.

Le cœur n'est pas à nu dans la poitrine : il est entouré d'une poche fibreuse, le *péricarde* (*péri*, autour ; *cardia*, cœur). La surface extérieure du cœur est tapissée, comme la plupart des viscères, par une séreuse, sorte de bonnet de coton double rappelant le péritoine. Cette séreuse permet au cœur de se dilater et de se rétrécir en glissant sur la face intérieure du péricarde.

Après avoir enlevé le péricarde, on voit la masse du cœur, qui a la forme d'une poire et qui atteint la grosseur du poing (poids de 250 à 300 grammes). Le cœur n'a pas une direction verticale, mais il est couché obliquement de haut en bas et de droite à gauche sur le diaphragme, de sorte qu'il a sa base tournée en arrière et à droite, et sa pointe en avant et à gauche. Les gros troncs artériels qui partent du cœur le suspendent dans la poitrine. Pour la commodité de la description, on suppose, comme dans les figures 59 et 60, que la base regarde en haut, la pointe ou sommet en bas, et la face supérieure en avant.

Oreillettes et ventricules. — Le cœur est composé de quatre compartiments ou cavités : deux oreillettes situées en haut et deux ventricules placés en bas.

En examinant la face antérieure du cœur (fig. 59), on voit qu'il présente une partie inférieure, qu'un sillon vertical partage en deux moitiés inégales. Le sillon est occupé sur la figure par deux vaisseaux, l'*artère* et la *veine cardiaques antérieures*. La moitié A, située à droite du sillon, est le *ventricule droit*[1], et la moitié située à gauche du sillon est le *ventricule gauche* (B). A la base des deux ventricules se trouve une excavation circulaire qui présente, près du milieu, deux gros vaisseaux et latéralement deux masses charnues. Des deux vaisseaux, l'un, situé plus à gauche, est l'*artère pulmonaire* (F), qui s'ouvre dans le ventricule droit, et l'autre (E), qui se recourbe en crosse, est l'*aorte*; elle sort du ventricule gauche.

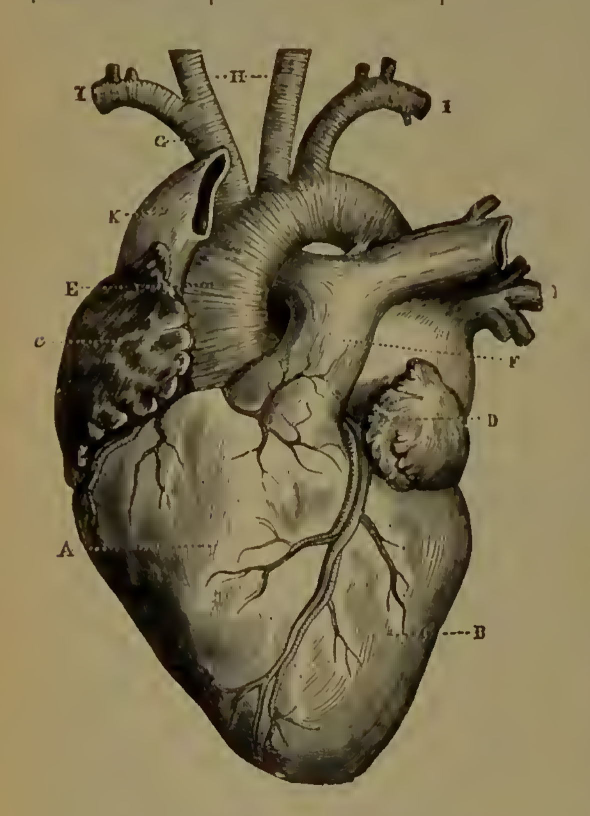


Fig. 59. — Le cœur vu par sa face antérieure.

A, ventricule droit; B, ventricule gauche; C, D, auricules droite et gauche; F, artère pulmonaire; E, crosse de l'aorte; G, tronc brachiocéphalique; H, artères carotides primitives; I, artères sous-clavières; K, veine cave supérieure; L, veines pulmonaires se jetant dans l'oreillette gauche.

Les deux masses charnues (C et D), déchiquetées sur leurs bords, sont des dépendances ou des diverticules des oreillettes et, en raison de

1. C'est par rapport au sujet examiné qu'on emploie les termes de *droit* et de *gauche* et non par rapport à l'observateur.

leur ressemblance avec une oreille de chien, on les a appelées *auricules* (*auricula*, petite oreille). Des deux oreillettes on n'aperçoit sur la figure que la gauche, formant un renflement situé en arrière et au-dessus de son auricule. Les quatre veines pulmonaires dont on voit les deux gauches sur la figure (L), aboutissent à l'oreillette gauche. L'oreillette droite forme une masse semblable en arrière de son auricule et de l'artère aorte. A l'oreillette droite aboutissent deux vaisseaux, l'un qui est visible sur la figure en K : c'est la *veine cave supérieure*; et l'autre s'ouvre sur sa face postérieure : c'est la *veine cave inférieure*.

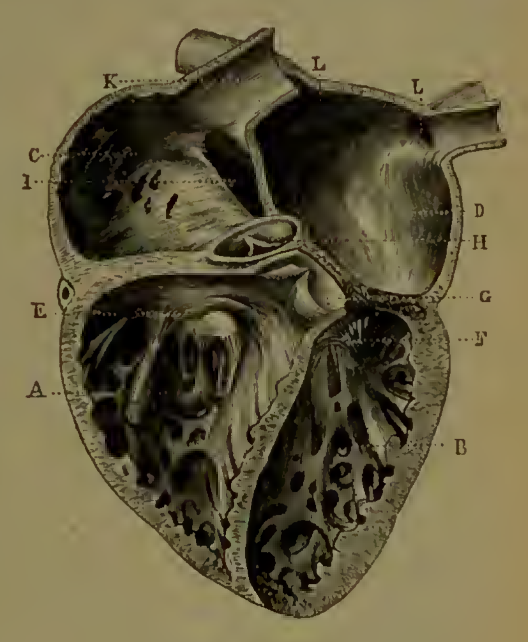


Fig. 60. — Cœur ouvert pour montrer l'intérieur.

A, B, ventricules droit et gauche avec leurs colonnes charnues; C, D, oreillettes droite et gauche; E, orifice auriculo-ventriculaire droit et face inférieure de la valvule tricuspide; F, orifice auriculo-ventriculaire gauche et valvule mitrale G, orifice de l'artère pulmonaire, munie de deux valvules sigmoïdes; H, orifice de l'aorte et valvules sigmoïdes; I, point d'abouchement de la veine cave inférieure; K, veine cave supérieure ouverte; L, L, deux veines pulmonaires s'ouvrant dans l'oreillette gauche.

Si avec un couteau nous enlevons toute la moitié antérieure du cœur, nous aurons l'aspect présenté par les figures 60 et 71. Nous voyons que chacun des deux ventricules A et B est creux et ces deux compartiments sont séparés l'un de l'autre par une cloison complète, dite *interventriculaire*. Il en est de même des deux cavités supérieures, c'est-à-dire des oreillettes, du moins chez l'adulte; à gauche de l'orifice de la veine cave inférieure (I) se trouve la cloison *interauriculaire*. Des quatre cavités, les droites et les gauches ne communiquent point l'une avec l'autre. Il n'en est pas de même de l'oreillette et du ventricule du même côté: chaque oreillette s'ouvre dans le ventricule correspondant par un

orifice situé à leur point de jonction : ce sont les orifices *auriculo-ventriculaires*, l'un gauche et l'autre droit.

Valvules auriculo-ventriculaires. — Ces orifices sont garnis de voiles ou replis membraneux dits *valvules* (fig. 71, *va*) ; ce sont des membranes en forme de manchon dont le bord supérieur s'insère sur tout le pourtour de l'orifice auriculo-ventriculaire, mais dont le bord inférieur est déchiqueté par de profondes échancrures ou *incisures*. La valvule auriculo-ventriculaire droite présente trois incisures qui la partagent en trois lambeaux ou trois valves : d'où le nom de *valvule tricuspide* (*cuspis*, pointe) ; la valvule auriculo-ventriculaire gauche n'a que deux incisures et deux valves, d'où le nom de valvule *bicuspide* ou *mitrale*, parce qu'on l'a comparée à une mitre renversée.

La face interne de ces valvules tournée vers l'oreillette est libre et lisse, mais, par leur face externe tournée vers le ventricule et par leur bord, ces valves donnent attache à une série de cordes tendineuses. Celles-ci vont s'insérer d'autre part à des saillies qui se voient dans l'intérieur des ventricules (fig. 71, *p*).



Fig. 61. — Fibre striée du cœur se bifurquant en bas.

n, *n*, noyaux.

Le cœur est une masse charnue. — Pour montrer la nature de ces saillies, il nous faut étudier la structure du cœur. Le cœur est une masse de chair creuse; il est de même nature, formé de la même substance que les muscles du squelette. Ce sont des fibres musculaires *striées* (voir *muscles*, p. 189), qui présentent néanmoins certaines particularités : tandis que les fibres musculaires du squelette sont parallèles les unes aux autres, et simplement juxtaposées, nous voyons les fibres du cœur se bifurquer de distance en distance pour communiquer et s'anastomoser avec les fibres voisines. Le développement nous rend compte de ces faits ; à l'origine le cœur est formé des mêmes cellules que celles figurées en *cc* (fig. 6) ; ces cellules conservent cette forme sans se multiplier et restent reliées les unes aux autres par des prolongements (fig. 61). Dans la suite seulement on voit apparaître dans leur protoplasma les stries caractéristiques. Le noyau persiste, mais jamais il ne se développe autour de la substance musculaire une enveloppe de sarcolemme.

La fibre musculaire du cœur est donc une cellule ramifiée, striée et sans sarcolemme.

Squelette du cœur. — Comment ces fibres se disposent-elles pour former les parois du cœur ? Autour des quatre orifices (auriculo-ventriculaires, aortique et pulmonaire) on trouve un anneau fibreux : ces quatre anneaux constituent la charpente solide ou squelette du cœur. Cela est si vrai, que chez le bœuf, le mouton, etc., il se développe un os au point où les anneaux auriculo-ventriculaires et aortique s'adossent. On conserve dans les musées les *os du cœur des cerfs* tués dans les chasses royales.

Les extrémités des faisceaux formés par les fibres du cœur s'attachent sur un côté des anneaux auriculo-ventriculaires et descendent de là vers la pointe des ventricules. Elles font le tour de cette dernière et remontent de l'autre côté pour revenir se terminer de ce côté de l'anneau. Ces faisceaux forment ainsi deux sacs musculaires accolés au niveau de la cloison interventriculaire. Outre ces faisceaux propres à chaque ventricule, il y en a qui tapissent les deux sacs en dedans et en dehors et qui les lient l'un à l'autre. Ces sacs communs assurent ainsi l'unité de contraction.

Les fibres des oreillettes offrent une disposition comparable à celle des ventricules.

Surface intérieure du cœur. — Tandis que la surface extérieure du cœur a un aspect uni, les figures 60 et 71 montrent que l'intérieur de ses cavités a une apparence spongieuse et caverneuse. Elle est due à la présence de saillies formées par les faisceaux musculaires. Ce sont les *colonnes charnues* du cœur. Dans les ventricules, elles sont de trois sortes : les unes sont adhérentes sur toute leur longueur; les autres sont fixées par leurs deux bouts et libres dans leur partie moyenne; enfin, les troisièmes, dites *piliers* ou *muscles papillaires* (fig. 71, *p*), sont fixées par une extrémité et s'élèvent dans la cavité en une véritable colonne charnue, d'où partent les cordages tendineux qui vont se terminer sur les valvules auriculo-ventriculaires.

La surface intérieure des oreillettes est lisse, sauf dans les auricules, qui sont spongieuses, grâce à l'entre-croisement des fibres et des colonnes charnues.

De même que la surface extérieure du cœur est enveloppée d'une séreuse, sa surface intérieure présente une membrane semblable qui recouvre toutes les saillies et anfractuosités. Les cavités du cœur, les valvules, les colonnes charnues, sont, en effet, revêtues d'une membrane lisse (*endocarde*), qui, nous le verrons, est le prolongement de la tunique interne des vaisseaux.

L'endocarde se compose d'une couche de cellules plates (*endothélium*) semblable à celle des vaisseaux (voir p. 99), reposant sur une couche de tissu fibreux. Les valvules auriculo-ventriculaires et sigmoïdes (voir plus loin) ne sont que des replis de l'endocarde.

ARTÈRES

Artères. — Les artères sont les vaisseaux qui partent des ventricules du cœur. Elles sont au nombre de deux à leur origine : l'une naît du ventricule droit : c'est l'*artère pulmonaire* (fig. 58 F) ; et l'autre du *ventricule gauche* : c'est l'*aorte* (E). L'aorte et l'artère pulmonaire sont garnies à leur origine chacune de trois replis en

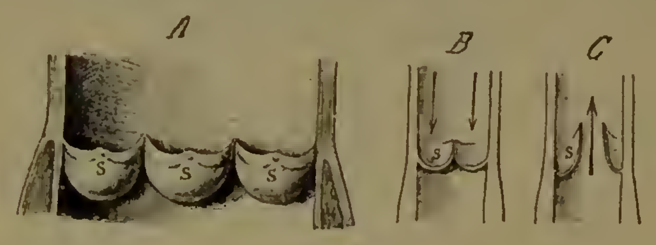


Fig. 62.

A, aorte fendue et étalée pour montrer en S les trois valvules sigmoïdes. — B, aorte coupée en long et montrant le mode de fermeture des valvules sigmoïdes S par le courant sanguin s'engouffrant dans la concavité des valvules. — C, valvules sigmoïdes (S) écartées l'une de l'autre et rapprochées de la paroi de l'aorte par le courant sanguin venant du ventricule.

forme de nids de pigeon ou *valvules sigmoïdes* (en forme de la lettre grecque *sigma*, σ).

Artère pulmonaire. — L'artère pulmonaire (Pl. II, AP) monte à gauche de l'aorte et, après un trajet de 5 centimètres environ, elle se divise en deux branches : l'une droite, qui passe sous la crosse de l'aorte et qui va au poumon droit ; l'autre, gauche, passe sur l'oreillette gauche et se termine dans le poumon gauche. Nous retrouverons ces vaisseaux en étudiant le poumon.

Aorte. — L'aorte (*cr*), comme nous l'avons déjà indiqué, monte d'abord et contourne la branche droite de l'artère pulmonaire, puis elle se recourbe en arrière et à gauche (*crosse de l'aorte*) pour aller s'appliquer sur la colonne vertébrale, qu'elle suit en descendant jusque vers la fin des vertèbres lombaires (aorte descendante) (*a*).

De l'aorte se détachent successivement les artères qui vont aux organes. Notons que le cœur lui-même en reçoit (voir fig. 59), car son tissu ne se nourrit pas aux dépens du sang que renferment ses cavités. De la concavité de la crosse de l'aorte naissent



Explication de la Planche II (p. 95).

ORGANES DE LA CIRCULATION

Cd, cœur droit;

AP, artère pulmonaire;

P, poumon;

Cg, cœur gauche;

Cr, crosse de l'aorte;

bc, tronc brachio-céphalique;

as, artère sous-clavière;

cp, carotide primitive;

ce, carotide externe;

tr, trachée;

a, aorte abdominale;

ai, artère iliaque;

af, artère fémorale;

aj, artères de la jambe;

R, rein;

ar, artère rénale;

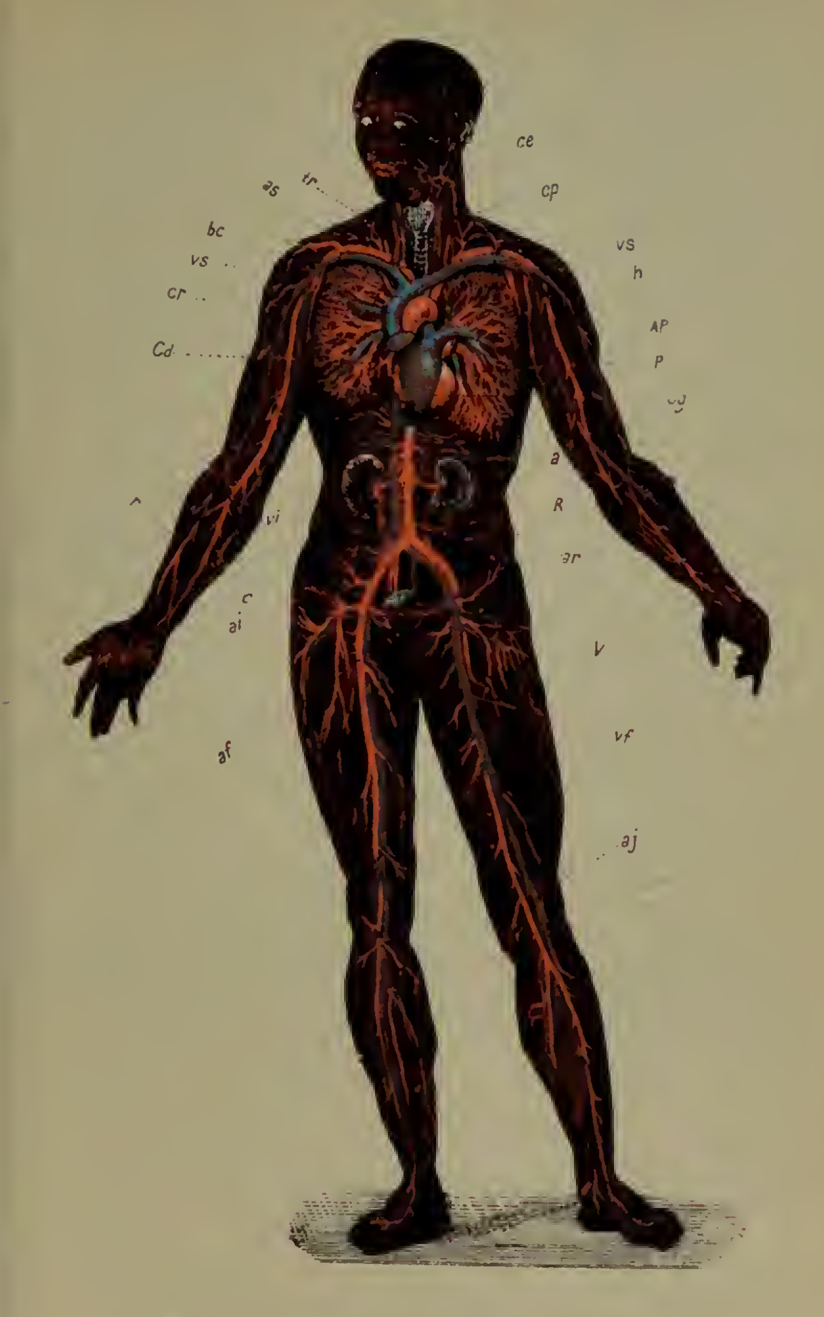
vs, veine cave supérieure;

vi, veine cave inférieure;

vf, veine fémorale;

V, vessie.

HACHETTE & Cie



ORGANES DE LA CIRCULATION

en outre deux ou trois artères, qui vont aux bronches et à leurs subdivisions (voir *Poumon*).

Principales artères fournies par l'aorte. — Sur la convexité de la crosse de l'aorte prennent naissance les artères qui vont au cou, à la tête et aux membres supérieurs.

Le mode d'origine de ces vaisseaux est différent à droite et à gauche. A droite, il n'y a qu'un tronc unique (*bc*), le tronc brachio-céphalique (*céphalé*, tête), qui monte vers le cou. Au bout d'un trajet de 3 centimètres, il se divise derrière la clavicule en deux artères : l'une se dirige vers la tête et a reçu le nom de *carotide*[1] *primitive* (*cp*); l'autre passe au-dessous de la clavicule et s'appelle la *sous-clavière* (*as*).

A gauche, l'artère carotide primitive et la sous-clavière naissent séparément sur la crosse de l'aorte. Quoi qu'il en soit de cette origine différente, les sous-clavières fournissent une série de branches qui vont aux parois du thorax, au cou, à l'épaule et se continuent enfin en un gros vaisseau (*h*) qui suit l'aisselle et le bras pour se diviser au coude en artère *radiale* (*r*) reposant au poignet sur le radius et en artère *cubitale* (*c*) qui longe le cubitus. En donnant des rameaux aux organes près desquels elles passent, en se divisant et en se subdivisant, ces artères arrivent jusqu'à la main et au bout des doigts.

Les *artères carotides primitives* (*cp*) montent le long du cou en passant en dehors de la trachée-artère et de l'œsophage, à côté du larynx ; chacune se divise en *carotide externe* (*ce*) et en *carotide interne*. La carotide externe fournit, par ses branches, le sang à la face, à la langue, aux tempes, à la partie postérieure du crâne (occiput), aux mâchoires, ainsi qu'aux fosses nasales. La carotide interne s'engage dans un canal spécial qui la conduit dans le crâne, où elle devient, avec une branche ascendante de la sous-clavière (voir plus loin), l'origine de toutes les artères de l'encéphale et de l'œil.

L'aorte descendante (*a*) fournit : 1° à chaque espace situé entre deux côtes, une artère qui suit le bord inférieur de la côte jusqu'auprès du sternum, 2° des artères au diaphragme, et 3° d'autres aux lombes.

Elle donne en outre des artères volumineuses aux organes digestifs : 1° à la hauteur de la face inférieure du foie, le *tronc cœliaque* (*cœlia*, ventre), qui n'a qu'un trajet de 1 centimètre et qui se divise en trois artères, pour l'estomac, le foie et la rate.

Ensuite naissent de l'aorte les artères de l'intestin allant se

1. Les Anciens ont appelé ces vaisseaux *carotides*, parce qu'ils supposaient qu'ils jouaient un rôle capital dans la production du sommeil (*caros*, sommeil profond).

loger entre les deux feuillets du mésentère (*mésentériques*) et, à la hauteur du rein, l'artère rénale, une de chaque côté (6).

Près du bassin, l'aorte fournit deux branches, les *artères iliaques primitives* (*ai*), qui, après un trajet de 5 centimètres environ, se divisent chacune en iliaque interne et externe. L'iliaque interne plonge dans le petit bassin pour aller à la vessie (V), etc., l'externe se dirige vers la cuisse pour devenir l'*artère fémorale* (*af*). Celle-ci se comporte, vis-à-vis du membre inférieur, comme l'humérale dans le membre supérieur.

Mode de division des artères. — Capillaires. — En examinant les artères, on voit leur calibre diminuer à mesure qu'elles s'éloi-

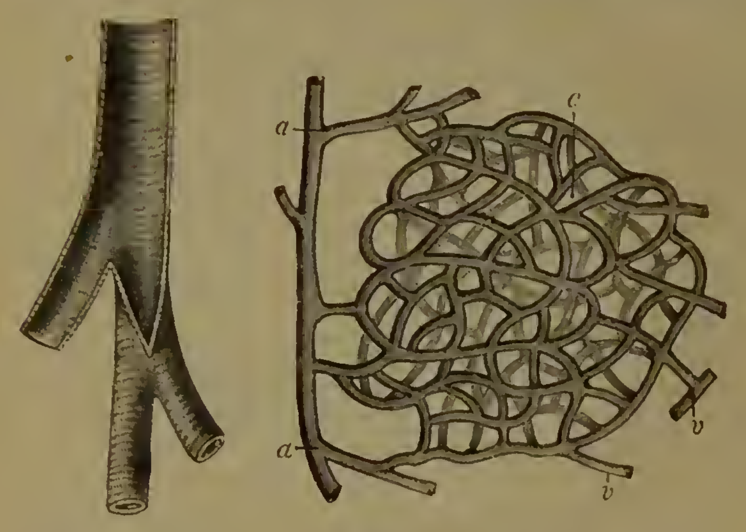


Fig. 65. — Artère ouverte et se divisant en trois branches.

Fig. 64. — Réseau capillaire d'un lobule de graisse.
a, artériole ; *v*, veinule ; *c*, capillaires.

gnent de l'aorte. Un seul exemple suffira pour montrer ce fait. La crosse de l'aorte a un diamètre de 2 centimètres et demi ; l'artère sous-clavière et la carotide n'ont plus qu'un diamètre de 1 centimètre environ ; l'artère humérale a 7 millimètres et l'artère radiale a 4 millimètres. En même temps les artères se divisent en branches plus nombreuses (fig. 65), qui présentent ce fait remarquable, qu'elles s'unissent souvent entre elles, c'est-à-dire qu'elles s'abouchent ou *s'anastomosent* (*stoma*, bouche). Enfin leurs rameaux se terminent par des tubes si fins (fig. 64 et 65), qu'on les a comparés à des cheveux ; ce sont les vaisseaux *capillaires* (*capillus*, cheveu). Ceux-ci sont beaucoup plus ténus que leur nom ne

l'indique, car leur lumière peut, dans certains organes, à peine laisser passer un globule rouge. Le plus souvent leur calibre ne dépasse pas le double du diamètre d'un globule rouge. Les capillaires forment dans les tissus, en s'anastomosant, des réseaux de forme variable, mais qui les sillonnent en tous sens, circonscrivant dans leurs mailles les éléments des tissus et des organes. La figure 64 montre à un faible grossissement les branches terminales d'une artériole (*a*) qui se continuent par un réseau plus fin,



Fig. 65. — Réseau capillaire.

a, artériole; *r*, réseau capillaire; *v*, veinules; *e*, grosse veine plus profonde.

) les *capillaires*. Ceux-ci se réunissent à gauche en tubes plus ros (foncés sur la figure 65) : ce sont les *radicules des veines* ou *inules* (*v*). Les capillaires sont donc les tubes intermédiaires ntre les artérioles et les veinules.

Veines. — Veinules. — Les veinules, continuant à se réunir s unes aux autres, forment les veines visibles à l'œil nu. Les veines s viscères sont ordinairement en même nombre que les artères *ranches de la veine porte, veines rénales*). Mais dans les mem-es on trouve deux veines, dites *satellites*, pour chaque artère;

elles portent le même nom qu'elle, de sorte que nous aurons *deux* veines *radiales*, *deux* veines *cubitales*, *deux* veines *humérales*, etc. De plus, on trouve sous la peau un certain nombre de veines *superficielles* ou *sous-cutanées*, qui n'accompagnent pas de troncs artériels. En examinant celles du dos de la main, on en voit un bel exemple et l'on peut se rendre compte des nombreuses anastomoses que s'envoient ces vaisseaux.

Dès que les veines arrivent à la racine des membres, elles se réunissent (superficielles et profondes) en un tronc unique : les veines des membres abdominaux vont former la veine cave inférieure (Pl. II, *vi*), située à droite de l'aorte abdominale. Celle-ci monte le long de la colonne vertébrale ; elle reçoit chemin faisant toutes les veines qui proviennent de la partie du corps située au-dessous du diaphragme ; enfin elle se termine dans l'oreillette droite.

Les veines de la tête et du cou, *jugulaires* (*jugulum*, gorge), celles des membres thoraciques (*sous-clavières*), se réunissent en un tronc unique, appelé *veine cave supérieure* (*vs*). Celle-ci, nous le savons, se termine à la face supérieure de l'oreillette droite (fig. 59).

Il importe de dire que les veines qui suivent les artères intercostales et celles des lombes ne versent pas leur sang dans la veine cave inférieure. La figure 74 montre que les veines intercostales et lombaires droites se réunissent en une veine montant le long et à droite de la colonne vertébrale : c'est la *veine azygos* (*azygos*, impair) (6). De même les veines du côté gauche de la partie inférieure de la paroi thoracique forment un tronc unique (*veine demi-azygos*), visible sur la figure : elle se réunit à la veine azygos qui se dirige en haut, se recourbe à droite vers la veine cave supérieure, dans laquelle elle se termine. Cette disposition est intéressante, parce que, *dans quelques cas très rares* où la veine cave inférieure s'est oblitérée, le sang des membres abdominaux et des viscères a été ramené par la veine azygos. On s'explique ce fait en songeant aux anastomoses que les veines lombaires affectent avec les branches de la veine cave inférieure. Ces anastomoses peuvent, en se dilatant, donner passage au sang des membres abdominaux (fig. 75).

Pour terminer, j'ajoute que les branches gauche et droite de l'artère pulmonaire se comportent dans le poumon comme les divisions de l'aorte dans le reste du corps en formant un réseau capillaire des plus riches, auquel font suite les veinules. Celles-ci se réunissent dans chaque poumon en deux *veines*, dites *pulmonaires*, qui vont aboutir, au nombre de *quatre*, à l'oreillette gauche (voir p. 128),

Structure des capillaires. — L'ensemble des artères et des veines forme, dans le corps comme dans le poumon, deux cônes tronqués réunis à leur base par les capillaires (fig. 70), de telle sorte que le sang est toujours et partout renfermé dans un système clos. Quelles sont les parois de ces canaux? Nous commencerons par les capillaires, qui ont une constitution très simple : si l'on arrache un paquet de vaisseaux d'un organe mou, tel que le cerveau, il est facile, en le secouant dans l'eau, d'isoler un chevelu qui au microscope se montre (fig. 66) composé de tubes transparents et hyalins (*hyalos*, comme du cristal). En y ajoutant une goutte de carmin, on aperçoit des noyaux de distance en distance; et enfin, en y versant une solution de nitrate d'argent en pleine lumière, on voit peu à peu, dans l'intervalle de deux noyaux, se dessiner un liséré noir, à trajet sinueux (fig. 67). Autrement dit, la paroi du capillaire est formée de cellules minces de 1 millième de millimètre, dont les bords ondulés s'engrènent avec les dentelures des cellules voisines et circonscrivent la lumière du capillaire. Celui-ci résulte donc de la juxtaposition de cellules dites *endothéliales*.



Fig. 66. — Capillaires sanguins avec les noyaux de la paroi.



Fig. 67. — Capillaire nitraté.

ce, cellule épithéliale avec son noyau (*n*).

Structure des artères. — En nous dirigeant vers les artérioles, nous constatons que cette couche endothéliale (fig. 68, *ce*) s'y continue et repose même sur une lame mince de tissu conjonctif formant ensemble ce qu'on appelle la *tunique interne* (fig. 68) des artères. Mais sur les artérioles mêmes on voit apparaître, en dehors de la tunique interne, une seconde tunique, composée d'une série de faisceaux de *fibres musculaires lisses*, qui s'enroulent

en spirale autour de la tunique interne. Dans les artérioles, la seconde tunique est donc une tunique *musculaire* (*m*). En augmentant de calibre, les artères s'entourent en outre d'une troisième tunique, formée de tissu conjonctif : c'est la *tunique adventice* ou *externe* (*e*). Les artères de petit calibre, de 1 à 3 et même 4 millimètres de diamètre, ont cette structure et sont dites *artères musculaires*. Mais en arrivant aux artères de moyen calibre (humérale, fémorale) on voit apparaître, entre les faisceaux de fibres musculaires de la tunique moyenne, un réseau de fibres élastiques. Celui-ci prend un développement énorme dans les grosses artères, en même temps que les fibres musculaires diminuent, de telle sorte que la tunique moyenne devient jaune et élastique et que le vaisseau reste béant lorsqu'on le coupe. Les grosses artères ont donc une tunique moyenne *élastique*, tandis que les petites artères ont une tunique moyenne *musculaire*.

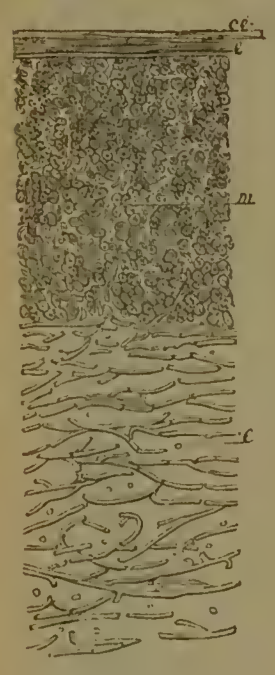


Fig. 68. — Coupe en long d'une petite artère.

ce, tunique interne avec son revêtement endothélial (*ce*); *m*, tunique moyenne avec fibres musculaires lisses coupées en travers; *e*, tunique externe.

Telles sont les tuniques que l'on distingue dans les parois des artères. Il est nécessaire d'ajouter que ces trois tuniques forment un tout continu et qu'il est impossible de les séparer avec la pince et le scalpel. L'élément qui assure cette unité est le tissu élastique formant un réseau continu depuis les cellules endothéliales de la face interne jusqu'à la face externe de la paroi artérielle. Seulement ce réseau prédomine dans la partie moyenne des grosses artères et leur donne leur propriété fondamentale, l'*élasticité*.

Valvules des veines. — En fendant en long la veine d'un membre et en regardant son intérieur, on voit de distance en distance des sortes de nids de pigeon, rappelant par leur forme les valvules sigmoïdes de l'artère pulmonaire ou de l'aorte : ce sont les *valvules des veines* (fig. 69), qui sont disposées généralement l'une vis-à-vis de l'autre. Les valvules sont surtout nombreuses dans les veines des membres, et plus abondantes encore dans les membres abdominaux que dans les thoraciques.

Les veines pulmonaires, les veines caves, la veine porte, la veine rénale, etc., manquent de valvules. En somme, les valvules se sont surtout développées dans les vaisseaux où il fallait des soupapes empêchant que la pesanteur, les contractions musculaires, etc., ne fissent refluer le sang vers les extrémités.

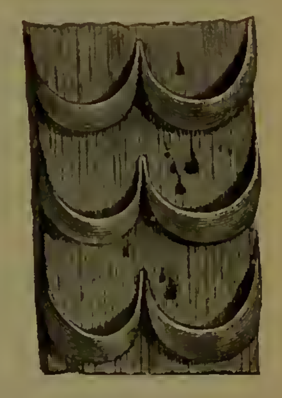


Fig. 69. — Veine fendue en long et étalée pour montrer les deux rangées de valvules.

Structure des veines. — Les veines ont des parois beaucoup plus minces que les artères et s'affaissent lorsqu'on les sectionne en travers. Une couche de cellules plates, semblable à celle des capillaires et des artères, revêt leur face interne et repose sur une paroi formant un tout continu comme dans les artères. Cette paroi a également un réseau élastique des plus fins et des plus élégants, dont les mailles renferment du tissu conjonctif et souvent des fibres musculaires lisses. Selon la disposition de celles-ci, on a voulu également distinguer des tuniques à la paroi veineuse; mais, tandis que les uns admettent trois tuniques, d'autres en trouvent quatre, et d'autres enfin deux seulement. Répétons que la paroi vasculaire forme un tout continu, constitué par un réseau élastique, du tissu conjonctif et du tissu musculaire. Ce dernier peut manquer complètement (veines de la dure-mère). Dans d'autres veines, le tissu musculaire peut former une couche interne circulaire, une couche externe longitudinale (veine porte, veine rénale, etc.). Dans d'autres veines enfin, une couche musculaire à direction longitudinale vient se placer en dedans des deux précédentes (veines iliaques, crurales).

Les valvules sont des replis de la tunique interne des veines. La présence des valvules donne aux veines un aspect particulier : la paroi veineuse est dilatée au-dessus des valvules en une poche, ce qui donne à la veine une apparence de chapelet. Ce qui est plus intéressant, c'est que chaque segment, en se divisant, va donner ou recevoir une branche, dite *collatérale*, qui le fait s'aboucher (s'anastomoser) avec un segment semblable d'une veine voisine.

3° CIRCULATION DU SANG

Les anciens avaient l'habitude de n'examiner les organes des animaux qu'après la mort; ayant trouvé alors certains vaisseaux vides de sang et remplis d'air, ils leur donnèrent le nom d'*artères* (*aer*, air; *téréin*, conserver). Ce fait s'explique aisément pour nous, car le cœur, ne fonctionnant plus, ne chasse plus de sang dans ces vaisseaux, qui par la contraction de leurs propres fibres musculaires poussent le contenu sanguin dans les capillaires et les veines.

Les anciens ignoraient la circulation du sang. — Le médecin grec Galien (II° siècle de notre ère) rectifia cette erreur; mais il émit une théorie singulière pour rendre compte de la présence du sang dans les artères. L'aspect spongieux et caverneux des ventricules lui fit supposer à tort, nous le savons, dans la cloison interventriculaire des pores laissant filtrer la partie la plus subtile du sang veineux, qui se serait ainsi rendue du ventricule droit dans le ventricule gauche. Il admettait en outre que le sang allait du cœur, par l'artère aorte et les veines caves, aux membres et aux viscères.

Durant tout le moyen âge cette doctrine eut force de loi.

Michel Servet découvre la petite circulation. — Le médecin théologien Michel Servet, dans son *Renouvellement du christianisme*, paru en 1553, y décrivit le premier la façon dont se fait le passage du sang du ventricule droit dans le ventricule gauche. « Cette communication, dit-il textuellement, ne se fait point par la cloison interventriculaire, mais le sang, partant du ventricule droit, est conduit au poumon, où il est agité, préparé, devient jaune, et, par un circuit long et merveilleux, il passe de la veine artérieuse dans l'artère veineuse. »

La présence, dans un vaisseau à parois artérielles, de sang noir, tel qu'on le trouve dans les veines du corps, avait fait désigner l'artère pulmonaire par le terme de *veine artérieuse*; pour des motifs tout opposés, on avait appelé les veines pulmonaires des *artères veineuses*.

Ce trajet du sang, allant du ventricule droit à l'oreillette gauche en passant par le poumon, a été désigné sous le nom de *petite circulation*, qui, je le répète, a été découverte par Michel Servet en 1553. Ce médecin montra en outre, le premier, que la cloison interventriculaire n'a pas de trous.

Le médecin italien André Césalpin observa, en 1569, que, lors-

qu'on lie le bras, le sang s'accumule dans les veines, non pas au-dessus, mais au-dessous de la ligature. Il en conclut que le sang, conduit du cœur aux membres et aux viscères par l'artère aorte, est ramené au cœur par les veines caves.

Césalpin entrevit donc le trajet du sang allant du cœur par l'aorte aux diverses parties du corps et revenant au cœur par l'intermédiaire des veines caves.

J'ajoute que dès 1536 le médecin français Charles Estienne avait découvert les valvules des veines, qu'il compara aux saillies des os et appela *apophyses veineuses*.

Harvey démontre la circulation. — En somme, dès le XVI[e] siècle le problème de la circulation était posé. En 1578, naquit l'Anglais Harvey, qui vint donner la démonstration de la circulation. Harvey alla étudier la médecine pendant quatre ans dans les Écoles d'Italie. Le premier il soupçonna que les valvules devaient favoriser le retour du sang veineux des extrémités vers le cœur. Revenu en Angleterre, il essaya, dès 1615, de donner de la circulation une démonstration inattaquable et définitive.

Il répéta l'expérience de Césalpin sur la compression des veines des membres. Ensuite il s'adressa aux animaux vivants et fit des expériences. Il lia une veine du bras et la vit se gonfler du côté des extrémités : si la veine est piquée au-dessous de la ligature, le sang s'échappe plus abondamment que si on n'a pas fait de ligature; du côté du cœur, au contraire, la veine s'affaisse et, si on l'ouvre, on la trouve vide de sang.

Si l'on répète la même expérience sur une artère, la radiale par exemple, elle se comporte tout différemment : elle se remplit de sang *au-dessus* de la ligature (c'est-à-dire entre celle-ci et le cœur) et se vide *au-dessous*. Harvey établit ensuite que les contractions du ventricule gauche chassent le sang dans les artères des extrémités, tandis que les veines correspondantes le ramènent aux oreillettes.

S'appuyant sur de nombreuses expériences semblables à la précédente et répétées un grand nombre de fois pendant treize ans, Harvey démontra définitivement que le sang rouge part du ventricule gauche, qu'il est dirigé, par l'aorte et ses branches, vers les organes du corps et ramené à l'oreillette droite par les veines.

Il donna le nom de *grande circulation* au circuit formé par l'aorte et ses branches, puis par les veines caves, et parcouru par le sang depuis le ventricule gauche jusqu'au ventricule droit. Il l'opposa à la *petite circulation*, c'est-à-dire au trajet que parcourt le sang partant du ventricule droit, puis passant successivement par l'artère pulmonaire, le poumon, les veines pulmonaires et revenant à l'oreillette gauche.

Cette mémorable démonstration de la circulation, publiée en 1628, rencontra d'abord des contradicteurs nombreux et acharnés, si bien que, pendant une vingtaine d'années, les savants furent divisés en *circulateurs* et *anticirculateurs*.

Harvey a eu des précurseurs qui lui avaient préparé la voie; mais, en réalité, c'est à lui seul que nous devons la démonstration complète du problème de la circulation du sang.

Harvey ne connut pas les tubes qui servent d'intermédiaires entre les artères et les veines. Malpighi les vit le premier, en 1661 : en examinant au microscope le poumon d'une grenouille vivante, il aperçut les capillaires et, dans ceux-ci, un liquide renfermant des globules comparables à des grains de corail. En liant les veines pulmonaires, il constata que les artères pulmonaires continuaient à verser du sang dans les capillaires, dont les réseaux se gonflaient.

Plus tard, les médecins hollandais Swammerdam et Ruysch, en poussant du suif coloré dans les artères, remplirent les capillaires et les rendirent visibles après la mort.

Le sang décrit un seul cercle. — Cette façon de décrire le cours du sang a été adoptée par tous les auteurs classiques. Elle offre un inconvénient capital, celui de rattacher à deux cercles distincts le sang de même couleur : le sang, devenu rouge au contact de l'air du poumon, parcourt ainsi la moitié de la petite et de la grande circulation. De même le sang, devenu noir au sein des tissus, parcourt la moitié de la grande et de la petite circulation.

Dès l'année 1800, notre illustre médecin Bichat a divisé la circulation en deux phases : « l'une porte le sang des poumons dans toutes les parties du corps; l'autre le ramène de toutes les parties aux poumons. La première est la circulation du sang rouge; la seconde, celle du sang noir ».

Circulation du sang rouge. — Comme le montre la figure 70, A, le sang, devenu rouge dans les capillaires des poumons (*i*), passe dans les veines pulmonaires (*e*) ; celles-ci le versent dans l'oreillette gauche du cœur (*f*), qui le transmet dans le ventricule gauche (*g*). Ce dernier le pousse dans l'aorte (*h*), qui le distribue dans les capillaires de tous les organes du corps. « Le sang rouge est donc continuellement porté du système capillaire du poumon au système capillaire général » (Bichat).

Circulation du sang noir. — Dans le système capillaire général, le sang rouge perd une partie de son oxygène et devient du sang noir. Celui-ci entre dans l'origine des veines caves supérieure et inférieure (*a*), qui le transmettent à l'oreillette droite (*b*). Celle-ci l'envoie dans le ventricule droit (*c*), qui le pousse dans l'artère pulmonaire (*d*) et de là aux capillaires du poumon (*i*). Le sang noir

se porte donc incessamment du système capillaire général au système capillaire du poumon.

Les deux circulations sont donc isolées partout, « excepté à leur origine et à leur terminaison, où le sang rouge et le sang noir se transforment alternativement l'un en l'autre et communiquent pour cela par les vaisseaux capillaires. Quoique les deux portions du cœur soient assemblées en un organe unique, cependant on peut les considérer comme constamment indépendantes dans leur action. Il y a vraiment deux cœurs, l'un à droite, l'autre à gauche.

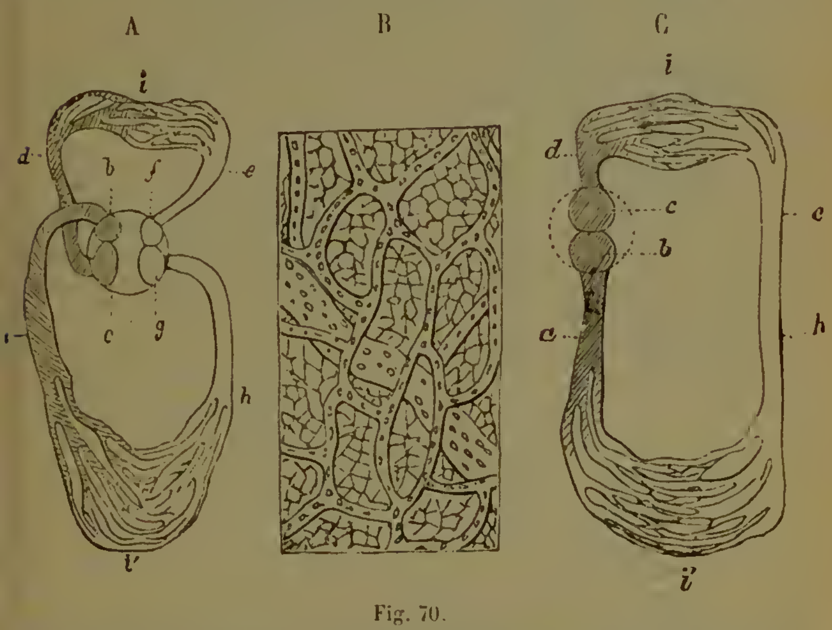


Fig. 70.

A. Figure théorique de la circulation du sang chez l'homme, les mammifères et les oiseaux. — B. Réseau capillaire d'un tissu avec les globules sanguins. — C. Figure théorique de la circulation des poissons.

Tous deux pourraient peut-être aussi bien remplir leurs fonctions, s'ils étaient séparés, qu'étant adossés comme ils le sont » (Bichat).

L'étude de la circulation chez les divers groupes du règne animal a confirmé pleinement la manière de voir de Bichat. Pour nous borner à un seul exemple, nous voyons que chez les poissons (fig. 70, C) la circulation se divise encore en circulation du sang rouge et en circulation du sang noir, et cependant il n'existe qu'un seul cœur, correspondant au cœur droit de l'homme et des mammifères. Le sang noir a un trajet semblable à celui que nous avons décrit plus haut : l'on observe en effet une oreillette (*b*) et un ven-

tricule (*c*) placés sur le trajet du sang noir : du réseau capillaire général, celui-ci se rend au réseau capillaire des organes respiratoires (*d*). Devenu rouge dans ce dernier réseau (*i*), le sang passe directement par les vaisseaux (*e*) dans l'aorte (*h*), qui le distribue au réseau capillaire général, où il redevient noir (*i*). La circulation des deux sangs est donc, chez les poissons, semblable de tous points à celle que nous connaissons chez les mammifères, si ce n'est que le sang rouge est dépourvu d'organe central d'impulsion. Les poissons manquent, en effet, de cœur gauche.

Au total, le cours du sang ne doit pas être divisé, comme on le fait généralement, en grande circulation et en petite circulation. La physiologie et l'étude comparative des animaux nous enseignent d'adopter la description de Bichat, c'est-à-dire une circulation du sang rouge et une circulation du sang noir.

En un mot, un globule sanguin partant du poumon ne décrit qu'un cercle avant d'y revenir : pendant la première moitié du cercle, il est rouge, et durant la seconde moitié du cercle il est noir. L'exemple tiré plus haut de la circulation des poissons est la meilleure preuve en faveur de cette manière d'envisager le mouvement circulatoire du sang.

Fonctionnement du cœur. — Lorsqu'on ouvre la poitrine d'un animal vivant (chien, lapin), on voit d'abord les oreillettes, puis les ventricules, se rétrécir en tous sens. Les fibres musculaires des oreillettes et des ventricules se contractent et produisent la *systole* (*systello*, je contracte) auriculaire, puis ventriculaire. A l'aide d'instruments qui enregistrent les mouvements du cœur, on sait aujourd'hui que les deux oreillettes se contractent ensemble ; puis viennent les contractions, également simultanées, des ventricules. La systole du cœur se répète environ 70 fois par minute chez l'homme ; elle est suivie chaque fois d'une dilatation des parois du cœur, la *diastole* (*diastello*, je dilate), correspondant au repos des fibres musculaires. La durée de la contraction des oreillettes n'est que d'un dixième de seconde ; elle est suivie presque immédiatement de la contraction des ventricules, qui a une durée de 3/10 de seconde ; enfin vient le repos durant 6/10 de seconde.

La marche du sang dans les cavités du cœur s'opère comme suit : Dès que les oreillettes sont remplies de sang (affluant des veines caves pour l'oreillette droite et des veines pulmonaires pour l'oreillette gauche), elles commencent à se contracter à l'embouchure des veines. Notons que celles-ci sont munies à leur origine de muscles striés sur une longueur de plusieurs millimètres. De là la contraction s'étend de haut en bas et chasse le sang par l'intervalle béant des valvules auriculo-ventriculaires.

Aussitôt que les ventricules sont remplis, ils se contractent dans toute leur masse; les muscles papillaires se raccourcissent également et tendent les cordages tendineux de façon à affronter et à accoler énergiquement les bords des valvules auriculo-ventriculaires (fig. 71). L'entrée des oreillettes est donc fermée et le sang des cavités ventriculaires, pressé de tous côtés, est poussé vers l'orifice de l'artère pulmonaire ou de l'aorte. Les valvules sigmoïdes sont refoulées contre la paroi artérielle et le sang se précipite dans ces vaisseaux.

Rôle des valvules sigmoïdes. — Dès que la contraction ventriculaire cesse, le sang de l'aorte et de l'artère pulmonaire tend à revenir dans le ventricule correspondant, en raison de la forte pression à laquelle il est soumis dans ces vaisseaux (voir plus loin). C'est alors que les valvules sigmoïdes entrent en jeu; la colonne sanguine qui reflue s'engage dans la concavité des valvules, en redresse les bords, qui s'accolent l'un contre l'autre, d'autant plus énergiquement que la pression sera plus forte : c'est le mécanisme de la main que l'on met dans la poche de son gilet (fig. 62, B).

Fig. 71. — Figure montrant comment fonctionnent les valvules auriculo-ventriculaires.

od, og, oreillettes droite et gauche; *vd, vg*, ventricules droit et gauche; *p, p*, colonnes charnues qui, en se contractant, rapprochent, grâce aux cordages tendineux (*c*), les bords des valvules auriculo-ventriculaires (*va*); *iv*, cloison interventriculaire.

Bruits du cœur. — Lorsqu'on applique l'oreille sur la région du cœur de l'homme, on entend deux bruits, qu'on a comparés au tic tac d'une montre. Le premier bruit est le plus prononcé du côté de la pointe du cœur, tandis que le second est plus intense du côté de la base. Le premier bruit est plus prolongé et plus sourd, le second plus court et plus clair. Le premier bruit se produit pendant la contraction des ventricules, le second au début de la diastole des ventricules. Le premier bruit résulte de la contraction des parois ventriculaires, ainsi que de la tension des valvules auriculo-ventriculaires par les cordages tendineux contre lesquels frotte le sang lorsqu'il est poussé dans l'aorte et l'artère pulmonaire. Le second bruit résulte du choc en retour de l'ondée artérielle qui redresse les valvules sigmoïdes.

La succession des bruits normaux du cœur a une grande importance pour le médecin, parce qu'elle indique l'intégrité des val-

vules. Que les valvules soient altérées par la maladie, qu'elles ferment incomplètement l'un ou l'autre orifice, il se produira des bruits anormaux (*souffle*, etc.), dont la nature et le siège permettront de diagnostiquer la lésion.

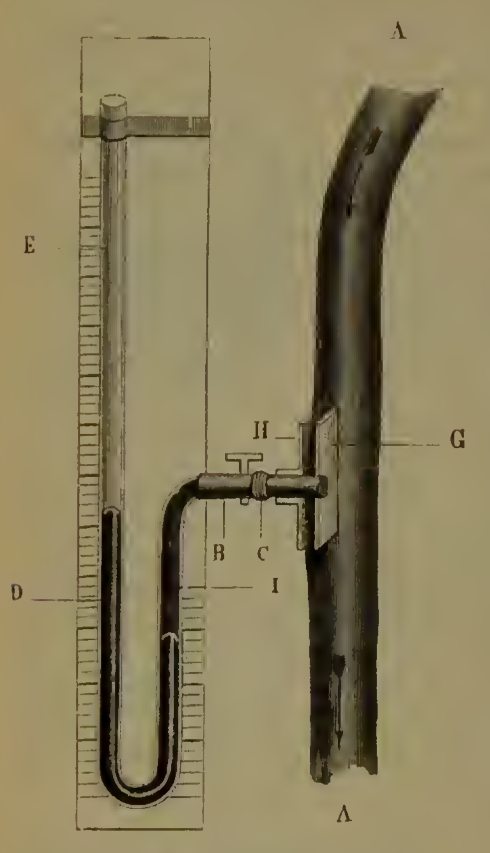


Fig. 72. — Appareil pour mesurer la tension du sang. (Hémo-dynamomètre de Poiseuille.)

DEIC, tube de verre recourbé deux fois et renfermant du mercure en DI : AA, artère : BC, tube introduit dans l'artère divisée au moyen de l'ajutage HG.

Choc du cœur. — En regardant attentivement la poitrine au niveau de la pointe du cœur sur une personne maigre, on voit un léger soulèvement à chaque contraction. En y appliquant le doigt, on perçoit un battement. Si l'on saisit le cœur d'un animal vivant entre les doigts, il produit une sensation analogue sur toute sa surface au moment où il se contracte. Le choc du cœur est donc dû à la contraction des fibres musculaires des ventricules : de flasques, elles deviennent brusquement très dures et déterminent un ébranlement, qui se traduit par le choc du cœur.

Circulation du sang dans les artères. — Chaque systole ventriculaire lance dans les artères une masse de sang évaluée à 180 grammes environ. Cette nouvelle colonne sanguine pousse l'ancienne devant elle du côté des capillaires, en même temps qu'elle dilate la paroi artérielle. Cette dernière, qui est élastique, se laisse distendre et revient en vertu de son élasticité sur elle-même, au moment où cesse la contraction ventriculaire. Il en résulte que le sang est soumis, dans tout le système artériel, à une certaine pression : c'est la *tension du sang*. Pour la mesurer sur le chien ou le cheval, on se

sert, comme l'a fait Poiseuille le premier, d'un tube recourbé en U, qui est un manomètre à mercure. La courte branche est introduite dans l'artère et y est fixée au moyen d'un ajutage (GH). Le sang s'écoule dans la branche horizontale du tube I, presse sur le mercure, qui s'élève dans l'autre branche; la hauteur à laquelle monte le mercure indique la tension du sang. Dans les grosses artères, cette tension fait équilibre à une colonne mercurielle de 25 centimètres de haut chez le cheval, de 15 centimètres chez le chien. Chez l'homme, on a trouvé, par d'autres procédés, qu'elle correspond à une colonne mercurielle de 19 centimètres de mercure, équivalente à une colonne d'eau de plus de 2 mètres. Elle augmente légèrement à chaque systole et elle diminue à mesure qu'on s'adresse à des artères plus éloignées du cœur.

Cette tension permanente de l'arbre artériel est donc produite par la systole ventriculaire et subordonnée à l'élasticité des artères.

Influence de l'élasticité artérielle sur la circulation. — L'ondée sanguine projetée par le cœur distend la paroi artérielle. Le tissu élastique de l'artère agit à la façon d'un ressort, qui rend l'effort qu'il a reçu : il joue le même rôle que la chambre à air de la pompe à incendie ou bien la pomme d'un pulvérisateur. Il régularise la circulation en la rendant continue. A chaque systole du cœur, le courant deviendrait intermittent si la paroi artérielle n'était pas élastique. L'artère, revenant sur elle-même après chaque contraction cardiaque, continue à chasser le sang pendant que le cœur se repose.

En second lieu, l'élasticité artérielle rend le débit plus abondant. M. Marey le démontre de la façon suivante : Il prend un vase (fig. 75) terminé en bas par une tubulure qui se bifurque : à l'une des branches, il adapte un tube en métal ou en verre (*r*); à l'autre, un tube de caoutchouc (*c*). Ces deux tubes ont exactement le même calibre. On fait l'expérience en deux temps : 1° on ouvre le robinet R et on laisse l'écoulement se faire pendant quelque temps : lorsque l'écoulement est continu, sous la même pression, le débit est le même dans les deux tubes; 2° si, par un mécanisme approprié, on ouvre et ferme alternativement le robinet, c'est-à-dire d'une façon intermittente, le tube élastique donne plus d'eau que le tube rigide. Dans celui-ci l'eau vient se heurter contre la paroi et l'eau qui y est déjà contenue, d'où résulte un frottement qui perd une partie de la force. Dans le tube élastique, au contraire, le choc n'existe pas, la paroi se distend et emmagasine la force qui est restituée ensuite. C'est ainsi que *le tissu élastique des artères soulage l'action du cœur*.

Quant aux petites artères, où domine l'élément musculaire, elles

exercent une influence considérable sur la circulation particulière à chaque région du corps. Nous verrons qu'elles sont sous la dépendance du système nerveux (voir *Sympathique*). Supposons que, dans une région, toutes les petites artères se rétrécissent : il y arrivera moins de sang, tandis que les régions voisines seront plus abondamment arrosées que d'habitude. La musculature artérielle règle donc les circulations locales. Elle peut agir dans un endroit pour retarder la circulation, et dans d'autres endroits pour l'activer *simultanément*.

Vitesse. — Ces diverses influences font varier le temps que le sang met à parcourir l'arbre artériel. Dans les gros vaisseaux,

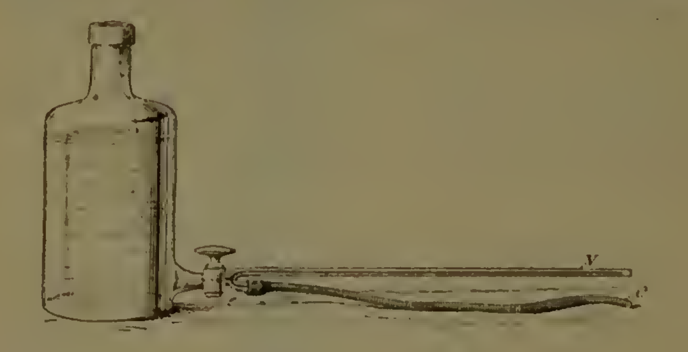


Fig. 75. — Expérience de M. Marey.
v, tube en verre; **c**, tube en caoutchouc.

la vitesse du sang est la plus grande; chez le cheval, le sang parcourt, dans les grosses artères situées près du cœur, une longueur de 30 centimètres par seconde, tandis que la vitesse du sang dans les extrémités des membres n'est que de 5 centimètres par seconde.

Pouls. — La connaissance du mouvement de progression du sang nous met à même de comprendre le phénomène du *pouls*. Chacun sait qu'en comprimant l'artère radiale contre le radius, on perçoit un soulèvement, un choc (*pulsus*, pulsation), qui est *presque* simultané à la contraction des ventricules. Le retard n'est que d'un dixième de seconde. Or, pour arriver là, le sang mettra 2 à 3 secondes chez l'adulte. Ce n'est donc pas l'arrivée de l'ondée sanguine elle-même qui soulève l'artère radiale pour produire le pouls. Le mécanisme du pouls est de tous points comparable à ce qui se produit dans le *ricochet* : des points où la pierre touche l'eau, il part une série de *vagues*, c'est-à-dire d'ondes qui s'étendent en rayonnant pour se perdre au loin. Ces

ondes résultent d'un soulèvement de l'eau par rupture d'équilibre : ce sont des oscillations qui se propagent. Eh bien, le pouls est un phénomène semblable; chaque fois que 180 grammes de sang, lancés par le ventricule, viennent s'ajouter au sang de l'aorte, il s'y produit une augmentation de pression et, par suite, une *onde sanguine* qui se propage avec une vitesse de plus de 9 mètres par seconde du côté des artérioles. La paroi artérielle se trouve soulevée, comme la surface de l'eau dont l'équilibre est troublé par la pierre.

Circulation capillaire. — Des petites artères le sang passe dans les capillaires : ces derniers sillonnent nos tissus, qui figurent une prairie irriguée par des milliers de canaux venant d'une rivière. La vitesse et la pression du sang y diminuent avec l'élargissement de l'ensemble des conduits. La pression y est encore notable : elle est la moitié environ de ce qu'elle était dans les artères, soit 9 centimètres de mercure. Cette pression a une grande influence non seulement sur la progression du sang jusque dans les veines, mais surtout sur la sortie des éléments nutritifs du plasma hors des parois vasculaires.

Quant à la vitesse du sang dans les capillaires, on l'apprécie aisément si, à l'exemple de Malpighi, on examine au microscope une membrane transparente (poumon, mésentère) d'un animal vivant ; on voit les globules rouges entraînés par le courant. En mesurant l'espace qu'un globule met à parcourir en une seconde, on a la vitesse du courant capillaire. Elle est en moyenne d'un demi-millimètre par seconde. Bien que le courant y soit continu et uniforme, on voit les globules rouges tourner sur eux-mêmes, s'arrêter à cheval sur un éperon entre deux capillaires ; puis, après avoir été étirés et effilés, ils sont emportés dans l'un des vaisseaux, où ils vont reprendre leur forme primitive.

Circulation veineuse. — Le sang des capillaires, poussé constamment par une nouvelle quantité de sang arrivant des artères, s'engage dans les *veines* et y progresse vers les oreillettes. Celles-ci se vident à chacune de leurs systoles; chaque diastole appelle une nouvelle quantité de sang et en débarrasse les veines.

La circulation veineuse rencontre beaucoup d'obstacles : c'est ainsi que les veines des membres inférieurs ont à surmonter la pression de toute la colonne sanguine des veines qui leur font suite vers le cœur. La présence des valvules lutte efficacement contre la pesanteur et subdivise la colonne liquide en une série de segments où le reflux est impossible dans la direction des capillaires. Une expérience très simple montre le rôle des val-

vules : comprimez avec le doigt une veine du dos de la main, vous la verrez s'affaisser du côté du poignet. Nous avons vu que la paroi des veines renferme un réseau élastique très mince et des fibres musculaires. L'élasticité des veines est facile à forcer, et quand les veines sont restées longtemps dilatées, elles n'ont plus la force de revenir à leur calibre primitif : les valvules deviennent insuffisantes dans ces veines dilatées. On observe alors ces dilatations veineuses dites *varices*, qui se produisent surtout dans les membres inférieurs, par l'effet de la station prolongée.

Les fibres musculaires des veines leur permettent de se contracter, sous l'influence du froid par exemple. Un choc produit le même effet. Enfin une série d'autres influences favorisent la circulation veineuse. Les exercices musculaires compriment certains segments veineux et, chassant le sang dans les veines voisines, activent le courant.

Enfin, l'inspiration, en dilatant la poitrine et les parois des veines thoraciques, augmente le calibre de ces vaisseaux et produit un appel de sang. C'est une véritable aspiration qui amène l'écoulement du sang veineux de la périphérie vers le centre.

CIRCULATION LYMPHATIQUE

L'histoire de la lymphe n'est pas moins importante que celle du sang.

Nous avons vu (p. 78) comment, en 1622, le médecin italien Gaspard Aselli découvrit les *chylifères* dans le mésentère ; mais, n'ayant pu les suivre au delà du foie, il pensa que le chyle était porté à cet organe.

Plus tard, en 1645, un étudiant en médecine de Montpellier, Jean Pecquet, examinant l'intérieur de la cage thoracique d'un chien qui venait d'être sacrifié, découvrit un canal rempli d'un liquide blanc et situé devant la colonne vertébrale. C'était le *canal thoracique*. Pecquet insista surtout sur le renflement que présentait sa partie inférieure. Aussi a-t-on donné à ce dernier le nom de *réservoir* ou *citerne de Pecquet* (fig. 74, 2). C'est dans le canal thoracique que viennent s'ouvrir les chylifères de l'intestin, car ils ne se rendent nullement au foie, comme le croyait Aselli.

Quelques années plus tard, en 1662, le Suédois Olaüs Rudbeck découvrit dans les membres des vaisseaux hyalins, remplis d'une sérosité qu'on appela *lymphe* (*lympha*, eau), et les vaisseaux eux-

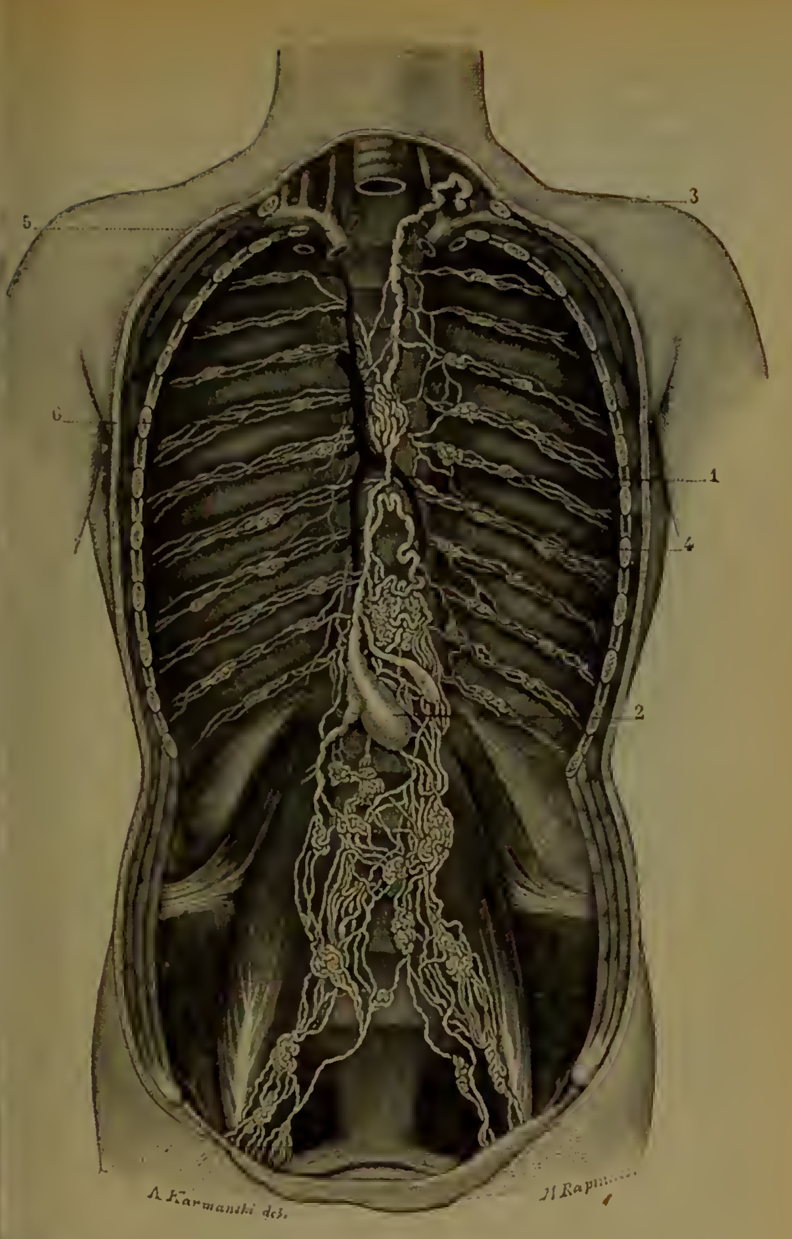


Fig. 74. — Vaisseaux lymphatiques de la face antérieure de la colonne vertébrale.

canal thoracique recevant latéralement les lymphatiques intercostaux (4) et as les lymphatiques lombaires; 2, citerne de Pecquet; 3, terminaison du il thoracique dans la veine sous-clavière gauche; 5, veine sous-clavière te; 6, grande veine azygos.

mêmes reçurent le nom de ***vaisseaux lymphatiques***. La lymphe est du chyle, moins les globules graisseux.

Les vaisseaux lymphatiques sont donc des canaux transparents, qui recouvrent et sillonnent la plupart des organes ; leur transparence même est la cause qu'on les aperçut si tard. Pour les voir, il est nécessaire de les remplir d'une masse colorée ou bien d'un métal tel que le mercure, qu'on y fait pénétrer par pression, ainsi qu'on le voit sur la figure 75. Ces vaisseaux, qui naissent par des réseaux, restent petits et ne se dirigent pas l'un vers l'autre, comme les veines, pour s'anastomoser. Ils marchent (*tl*) parallèlement les uns aux autres pour aller de toutes les parties du corps se rendre dans deux gros canaux : les vaisseaux lymphatiques des membres inférieurs, de l'abdomen, de la moitié gauche du thorax, du cou et de la tête, du membre supérieur gauche, vont aboutir, comme on le voit sur les figures 74 et 76 au *canal thoracique*. Celui-ci est large d'un demi-centimètre au niveau de la citerne de Pecquet et n'a qu'un calibre de 2 à 3 millimètres plus haut. Après être monté le long de la colonne vertébrale, il se recourbe (3) à gauche pour se terminer dans la veine sous-clavière gauche.



Fig. 75. — Lymphatiques d'un doigt.

rl, réseau lymphatique ; *tl*, deux vaisseaux lymphatiques.

Outre ce grand canal collecteur, il en existe un autre à droite : on l'appelle la *grande veine lymphatique droite*, longue de 1 à 2 centimètres seulement. Elle est située dans la partie droite du cou et reçoit les lymphatiques de la moitié droite du thorax, du cou, de la tête et du membre supérieur droit. Elle se termine dans la veine sous-clavière droite.

Comme le montre cette description, la lymphe est versée dans le sang veineux, et l'ensemble des lymphatiques n'est qu'un système de canaux complétant le système veineux pour ramener des organes les matériaux sortis des capillaires.

Mais la lymphe charriée par ces vaisseaux n'est versée dans le sang qu'après avoir traversé une série d'organes placés sur leur trajet. Ces organes, arrondis ou ovalaires, sont connus sous le

nom de *ganglions lymphatiques*. On les trouve surtout au hile des viscères, dans le creux de l'aisselle, à l'aine, au cou, etc.

Lymphe. — Pour obtenir la lymphe, il suffit d'établir une fistule sur un vaisseau lymphatique ou le canal thoracique d'un animal. Il s'en écoule un liquide incolore et transparent; nous répétons que, dans les chylifères, la lymphe, pendant la digestion, est blanche comme du lait, à cause des liquides graisseux qui ont été absorbés. La lymphe est plus abondante que le sang : elle forme au moins le quart du poids total de l'organisme. Notre corps peut être comparé à une éponge imbibée de lymphe.

M. Colin (d'Alfort) a obtenu sur une vache, par une fistule du canal thoracique, 95 litres de lymphe en 24 heures.

La lymphe, sortie du corps, se coagule lentement, ce qui est dû à la présence d'une faible quantité de fibrine. La lymphe est alcaline, grâce au chlorure de sodium (4 à 6 grammes par kilogramme de lymphe).

La lymphe se compose : 1° de globules blancs, dits *cellules lymphatiques*, de tous points semblables à ceux du sang; 2° d'un liquide appelé *plasma*. Après la coagulation du plasma, il ne reste qu'un liquide séreux, le *sérum* de la lymphe.



Fig. 76. — Veines et lymphatiques de la face antérieure de la colonne vertébrale.

1, grande veine azygos se jetant dans la veine cave supérieure (1); 2, veine demi-azygos se jetant dans (1); 3, 3', citerne de Pecquet et canal thoracique se terminant en (7) dans la veine sous-clavière gauche; 5, 5, tronc brachio-céphalique, qui résulte de l'abouchement de la veine sous-clavière et de la jugulaire (6, 6); *vi*, veine cave inférieure (coupée).

Vaisseaux lymphatiques. — Les vaisseaux lymphatiques sont minces lorsqu'on les compare aux artères et aux veines de même calibre. Ils sont irréguliers, grâce à une série de renflements ou de nodosités que présente leur paroi. En ouvrant le vaisseau, on constate qu'au-dessous de chaque nodosité (fig. 77) se trouvent deux valvules placées l'une en regard de l'autre et dont la forme et la disposition sont celles d'un double nid de pigeon,

comme dans les veines. Elles règlent le cours de la lymphe, comme les valvules des veines règlent celui du sang; si la lymphe tend à refluer vers la périphérie, elle s'engage dans le gousset de la valvule, qui s'abaisse et s'oppose au passage. La dilatation de la poche située au-dessus de la valvule résulte de la distension de la paroi du vaisseau, par suite de la stagnation de la lymphe. Ces valvules sont rapprochées et par conséquent très nombreuses.

Les vaisseaux lymphatiques ont une paroi analogue à celle des veines, mais dans laquelle le réseau élastique et les fibres musculaires lisses sont plus développés. Les fibres musculaires sont surtout disposées circulairement autour du vaisseau dans la portion sous-valvulaire (fig. 78, *m*); mais, au niveau du renflement sus-valvulaire, elles sont circulaires profondément, et obliques et entre-croisées superficiellement (*t*).



Fig. 77. — Section en long d'un vaisseau lymphatique avec ses valvules (*vv*) disposées par paires.



Fig. 78. — Tunique musculaire d'un vaisseau lymphatique, d'après M. Ranvier.

t, faisceaux de fibres musculaires entre-croisés au niveau d'un renflement; *m*, faisceaux circulaires au-dessus et au-dessous du renflement.

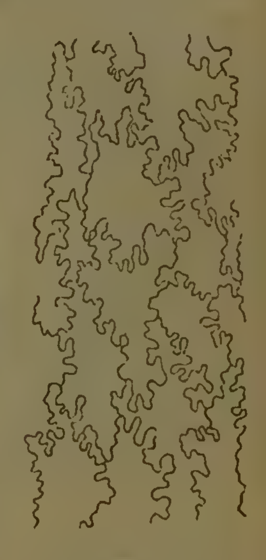


Fig. 79. — Contours sinueux, indiqués en noir par le nitrate d'argent, d'un capillaire lymphatique, d'après M. Ranvier.

La face interne de la paroi lymphatique est revêtue d'un endothélium semblable à celui des veines, mais dont les bords sont plus sinueux (fig. 79).

A mesure qu'on s'adresse à des vaisseaux lymphatiques plus fins,

on voit disparaître la paroi conjonctive, élastique et musculaire, et, dans les capillaires lymphatiques, qui sont 15 à 20 fois plus larges que les capillaires sanguins, il n'existe plus que l'endothélium, dont les bords ondulés sont caractéristiques et deviennent manifestes lorsqu'on y verse une solution de nitrate d'argent en pleine lumière (fig. 79).

Ces capillaires lymphatiques forment, en s'anastomosant dans

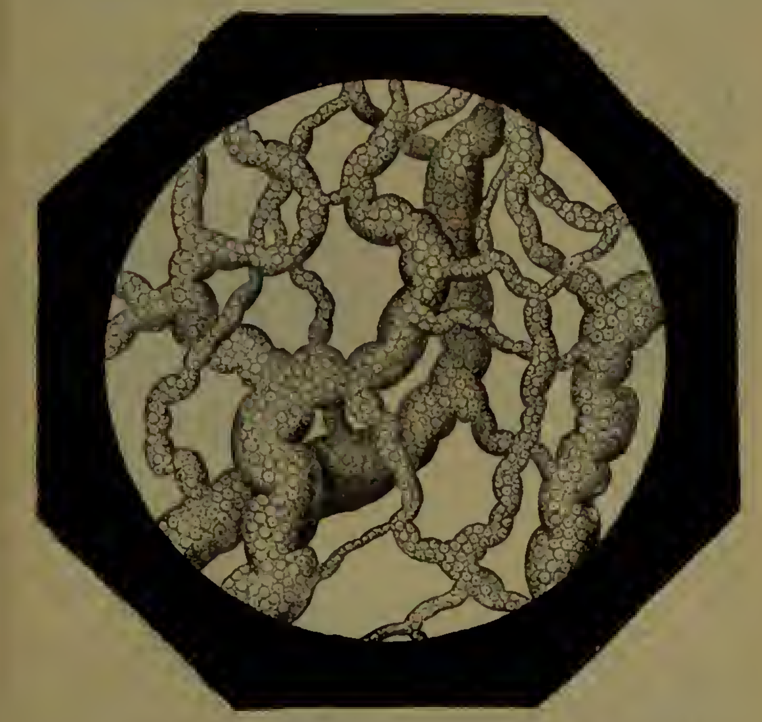


Fig. 80. — Réseau de capillaires lymphatiques vus à un fort grossissement et laissant voir par transparence les globules blancs.

les tissus, un réseau très riche, dont les canaux sont irréguliers et pourvus également de renflements alternant avec des étranglements (fig. 75 et 80).

Ganglions lymphatiques. — Les ganglions lymphatiques sont des organes d'apparence glandulaire placés sur le trajet des vaisseaux lymphatiques: les plus petits sont gros comme une tête d'épingle, mais il y en a de la taille d'une lentille ou d'un haricot. Les vaisseaux lymphatiques qui y amènent la lymphe sont nombreux (fig. 81) : ce sont les vaisseaux *afférents* (*a*); il y en a trois de

figurés dans le dessin; le vaisseau qui emporte la lymphe, ou *vaisseau efférent* (*e*), est généralement unique; c'est le vaisseau figuré en haut du dessin.

La structure des ganglions lymphatiques n'est pas bien compliquée : à la périphérie, on trouve une enveloppe conjonctive ou capsule (fig. 82, *a*), de la face interne de laquelle se détachent une série de cloisons ou travées (*b*). Celles-ci circonscrivent des logettes ou alvéoles (*c*). Vers le centre, ces travées s'anastomosent

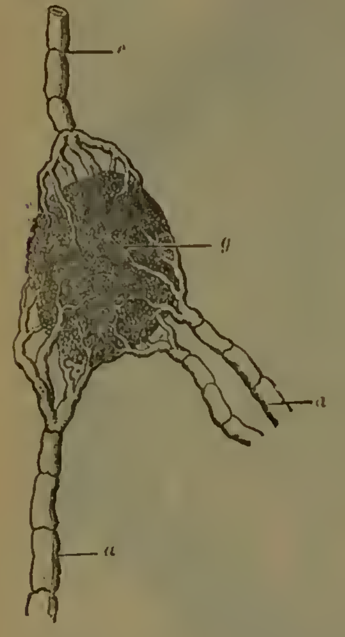


Fig. 81. — Ganglion lymphatique (*g*), avec ses vaisseaux afférents (*a*) et son vaisseau efférent (*e*).

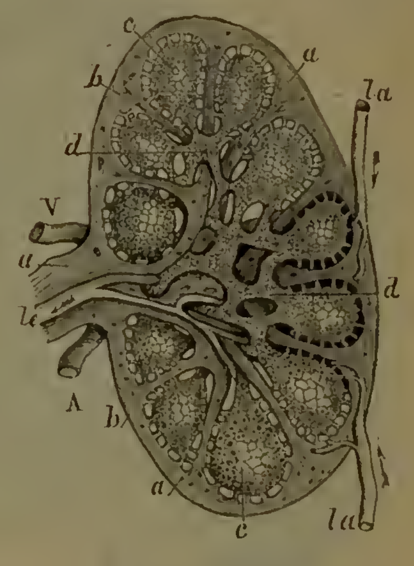


Fig. 82. — Coupe d'un ganglion lymphatique (grossie).

a, capsule; *b*, *b*, cloisons qui en partent; *c*, alvéoles renfermant les follicules; *d*, cordons folliculaires; *la*, *la*, lymphatiques afférents; *le*, lymphatique efférent; A, artère; V, veine.

et forment un tissu spongieux ou caverneux. De la face externe des travées et de leurs anastomoses partent de tous côtés des prolongements conjonctifs. Ceux-ci, en s'anastomosant les uns avec les autres, forment, aussi bien dans les alvéoles périphériques que dans les cavernes centrales, un réseau des plus fins et des plus élégants. Une portion de ce réseau est isolée dans la figure 83.

Supposons maintenant les mailles de ce réseau remplies de jeunes cellules lymphatiques, et nous aurons le tissu du ganglion qui présente deux apparences distinctes, suivant qu'on examine sa périphérie ou son centre.

Le tissu lymphatique logé dans les alvéoles (*c*) affecte la forme de saillies arrondies et dilatées, les *follicules*, en nombre égal à celui des alvéoles. Comme les alvéoles, les follicules occupent toute la portion périphérique du ganglion, sauf le hile. De la partie profonde des follicules partent une série de prolongements de tissu lymphatique, ayant la forme de cordons qui s'entrecroisent et s'anastomosent largement dans la portion centrale et le hile du ganglion. On les appelle *cordons folliculaires* (*d*). Le tissu lymphatique des follicules et des cordons folliculaires est abondamment pourvu de capillaires, grâce aux vaisseaux sanguins qui arrivent aux ganglions par le hile.

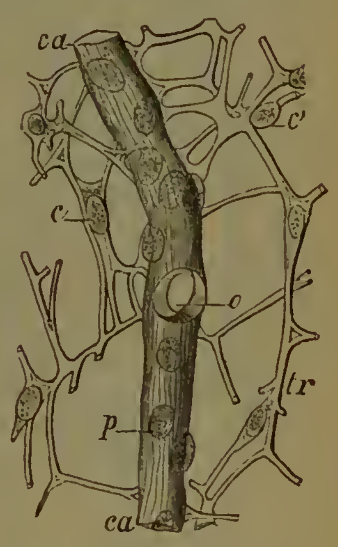


Fig. 83. — Réseau conjonctif de la charpente d'un ganglion lymphatique, d'après M. Ranvier (très grossi).

ca, capillaire avec les noyaux de sa paroi ; *o*, coupe d'un capillaire qui s'y abouche ; *c*, cellule conjonctive dont les prolongements (*tr*) forment, en s'anastomosant avec les voisins, le réseau conjonctif.

La lymphe parcourt les ganglions de la façon suivante : Au point où les vaisseaux afférents abordent le ganglion (fig. 82, *la*), la paroi de ces vaisseaux disparaît et la lymphe s'engage dans des espaces (figurés en noir à droite et en blanc sur le reste du dessin), limités d'un côté par les traînées conjonctives et de l'autre par la surface même des follicules. Après avoir fait le tour de ces derniers, la lymphe suit les espaces ou *cavernes* qui sont ménagées entre les cordons folliculaires. Après avoir parcouru les cavernes de la partie centrale du ganglion, la lymphe arrive au hile. Pendant tout ce trajet à travers le tissu du ganglion, la lymphe parcourt des voies qui ne sont limitées que par la substance même de l'organe. A partir du hile, elle s'engage dans un canal à paroi propre, le *vaisseau efférent*. — Celui-ci l'emporte dans le canal thoracique ou la grande veine lymphatique droite.

Origine de la lymphe. — D'où vient la lymphe? Il existe dans les vaisseaux capillaires du sang une pression égale à 9 millimètres de mercure environ, qui fait transsuder un plasma allant baigner et nourrir les tissus : ce plasma est la *lymphe*, qui constitue véritablement le *milieu intérieur* de l'organisme. Ce qui prouve

que les choses se passent ainsi, c'est qu'une substance qu'on injecte dans les vaisseaux sanguins se retrouve de bonne heure dans la lymphe recueillie par une fistule lymphatique.

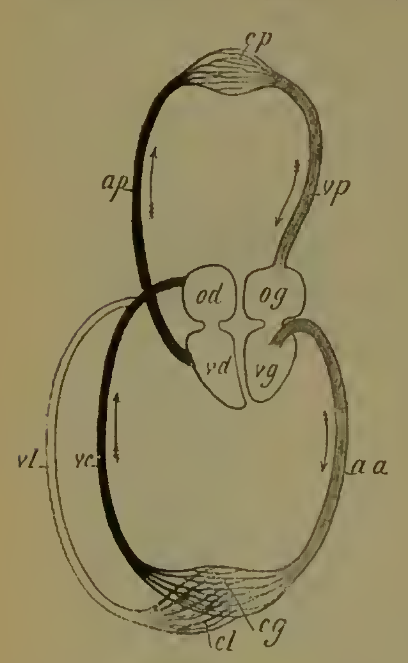


Fig. 84. — Circulation du sang et de la lymphe.

cp, capillaires pulmonaires conduisant le sang rouge par les veines pulmonaires (*vp*) à l'oreillette gauche (*og*), puis au ventricule gauche (*vg*), qui le distribue par l'aorte (*a*) aux capillaires généraux (*cg*). Ici il se produit un double courant : l'un, emportant les globules rouges et une partie du plasma, retourne par les veines caves (*vc*) au cœur droit (*od*) ; l'autre courant, constitué par le plasma exsudé, baigne les organes et retourne par les lymphatiques (*cl*) et (*vl*) aux veines caves. Sang noir et lymphe sont versés ainsi dans le cœur droit (*od*, *vd*), qui l'envoie aux capillaires pulmonaires.

La lymphe qui remplit ainsi les intervalles des cellules et des fibres se trouve dans les mêmes conditions que l'eau qui filtre à travers le sol : elle n'est endiguée par d'autre paroi que celle que forme le tissu lui-même. Mais, à mesure qu'elle est poussée par une nouvelle portion de plasma sanguin exsudée, elle rencontre les canaux de drainage représentés par les réseaux capillaires lymphatiques. Ceux-ci sont limités par une paroi propre, infiniment mince, qui est un revêtement endothélial. La lymphe qui les remplit y chemine, constamment refoulée vers le centre par un nouvel afflux de lymphe. Comme nous le savons, la présence des valvules s'oppose à tout reflux du côté périphérique. De cette façon, la lymphe est dirigée vers les ganglions lymphatiques, qu'elle traverse avant de s'écouler dans le canal thoracique ou la grande veine lymphatique.

La circulation lymphatique est des plus actives : qu'il me suffise de rappeler la rapidité avec laquelle une excoriation de la peau des orteils, suivie de fatigue, amène le gonflement des ganglions de l'aine. Chez certains individus, surtout chez les enfants faibles et anémiés, des éruptions répétées sur la peau de la face et du crâne entretiennent une irritation constante des ganglions sous-maxillaires et de ceux qui siègent près de l'oreille :

ces ganglions se gonflent, s'enflamment et souvent suppurent pour laisser des taches violacées, traces indélébiles du *tempérament lymphatique et scrofuleux*. Ces exemples vulgaires montrent avec quelle activité les vaisseaux lymphatiques ramassent et absorbent les substances normales ou les liquides plus ou moins altérés qu'ils trouvent dans les tissus.

Quelle est l'action des ganglions sur la lymphe qui les traverse?

On sait que la lymphe des vaisseaux efférents est plus riche en globules blancs que celle des afférents; ceci indique que les ganglions produisent des cellules lymphatiques. Parfois même les ganglions deviennent volumineux et les globules blancs ou leucocytes s'y multiplient en si grande abondance, qu'on trouve dans le sang 1 globule blanc pour 3 globules rouges. C'est là la maladie dite *leucocytose*.

En résumé, le sang arrivant au niveau du réseau capillaire général se divise en deux courants de retour (fig. 84) : l'un, qui reste renfermé dans les vaisseaux sanguins du système à sang noir, emporte tous les globules rouges et une partie des globules blancs; l'autre, traversant les parois du réseau capillaire général, baigne les tissus, où il est résorbé par les capillaires lymphatiques, qui le ramènent dans le système à sang noir. La voie lymphatique constitue donc une voie collatérale et de perfectionnement de la voie à sang noir.

ORIGINE DES ÉLÉMENTS FIGURÉS DU SANG ET DE LA LYMPHE

Globules blancs. — La description des ganglions lymphatiques (p. 119) a montré suffisamment qu'ils sont les centres de formation des leucocytes (globules blancs).

Globules rouges. — Quant aux globules rouges, on a cru pendant longtemps qu'ils résultaient de la transformation des leucocytes. Comme, à l'intérieur des leucocytes en circulation dans le sang, on trouve des fragments d'hémoglobine, on a pensé qu'ils étaient en train de passer à l'état d'hématies. Cette observation est exacte, mais l'interprétation qu'il convient d'en donner est tout autre. Les globules blancs, grâce à leurs mouvements amiboïdes, incorporent parfois des globules rouges et les digèrent, comme nous l'avons vu.

Les globules rouges, chez l'adulte, paraissent prendre naissance dans deux organes : la *rate* et la *moelle des os*.

Rate. — La rate (voir fig. 10 rate et fig. 10, 11) est un organe de couleur rouge foncé, situé entre la grosse tubérosité de l'estomac et les dernières côtes gauches. Son poids est de 250 grammes environ. Des replis du péritoine la rattachent au diaphragme et à l'estomac : entre les deux feuillets du péritoine, qui relient la face interne de la rate à la grosse tubérosité de l'estomac, se trouvent l'artère et la veine splénique (2). Ces deux vaisseaux ont un calibre énorme, si on les com-

pare au petit volume de la rate: l'artère a 1 diamètre de près de 7 millimètres et celui de la veine atteint 1 centimètre. Au moment où l'artère pénètre dans le tissu de l'organe, elle se divise en quatre ou cinq branches, dont chacune se distribue à un territoire séparé de la rate.

Celle-ci est enveloppée d'une membrane fibreuse, de la face interne de laquelle partent de nombreuses traînées ou travées conjonctives se dirigeant vers le centre de l'organe. Elles donnent des trabécules plus fines, qui se subdivisent et s'anastomosent en tous sens, de façon à constituer un réseau conjonctif semblable à celui des ganglions lymphatiques. Les mailles de ce réseau sont remplies par un tissu mou, la *boue* ou *pulpe splénique* (*splên*, rate), constituée par des cellules arrondies qui rappellent par leur forme les cellules lymphatiques jeunes.

Les branches de l'artère splénique se divisent dans l'organe en un pinceau de fines artérioles; ces vaisseaux sont entourés d'un manchon lâche de tissu conjonctif, dans lequel on voit, de distance en distance, des corps arrondis, gros de 1 à 2 dixièmes de millimètre et signalés par Malpighi pour la première fois: on les appelle *corpuscules de Malpighi*. Ils ont la structure des ganglions lymphatiques.

En un mot, la rate est formée de cordons de cellules arrondies, qui sont séparés les uns des autres par un réseau de cellules aplaties et anastomosées. Dans quelques-uns de ces cordons, les cellules arrondies se chargent d'hémoglobine et se transforment en globules rouges. Les terminaisons des artères se continuent et s'ouvrent dans ces cordons, qui se vident de leur contenu, puisque les cellules transformées en globules rouges sont emportées par le courant sanguin. Les cordons vides deviennent des cavités tortueuses servant d'intermédiaires entre les artères et les veines. Ce sont là des capillaires irréguliers, larges, revêtus seulement par les cellules aplaties et anastomosées du réseau splénique.

En extirpant la rate aux animaux, ou en l'enlevant chez l'homme dans les cas de maladie, on voit que l'homme et les animaux se portent bien après l'ablation de l'organe. Ce résultat ne veut pas dire que la rate n'a aucun rôle; il indique que sa fonction peut être suppléée par d'autres organes. Ajoutons néanmoins que M. Malassez a constaté le fait intéressant qu'après l'extirpation de la rate les chiens présentent une diminution des globules rouges dans le sang.

En s'adressant à des vertébrés inférieurs, comme les poissons, et en suivant le développement de la rate, on a constaté que cet organe commence par être un amas de cellules arrondies, contenues dans les mailles d'un réseau. Ces amas forment ainsi des traînées irrégulières, dans lesquelles vient se répandre le sang. Sur ces entrefaites, on observe que les cellules arrondies de la rate deviennent libres, se chargent d'hémoglobine et se transforment en globules rouges qui sont emportés par les veines.

Chez les grenouilles et les animaux inférieurs voisins, il est bien établi que la rate joue pendant toute la vie ce rôle formateur des globules rouges.

Il est probable que les choses se passent de même chez les mammifères. En tout cas, on remarque chez ces derniers que l'activité de la rate est intermittente: à la suite de la digestion, ou bien sous l'influence de l'excitation portée expérimentalement sur les nerfs de cet organe, le sang qui en sort est plus riche en hématies qu'à l'état de repos.

Tous ces faits permettent de regarder la rate comme un organe producteur des globules rouges.

Moelle des os. — La moelle des os est une substance molle. On la trouve surtout dans le canal central des os longs et dans les espaces limités par les lamelles osseuses des extrémités des os longs, dans les os courts et dans les os larges. Sauf dans le canal central des os longs, la moelle est partout rouge. Dans le corps des os longs, elle est également rouge chez l'enfant; mais plus tard elle devient jaune, parce qu'elle se charge de graisse.

Les anciens prenaient la moelle osseuse pour de la substance semblable à celle

qui forme les centres nerveux, la moelle épinière par exemple. Il n'en est rien. La moelle des os, très vasculaire, est constituée essentiellement par des cellules arrondies dont la figure rappelle celle des cellules lymphatiques jeunes, identique à celle des éléments arrondis de la rate. Les cellules de la moelle rouge se multiplient abondamment. Puis on voit le protoplasma d'un grand nombre d'entre elles élaborer de l'hémoglobine : toute la cellule, ou des fragments seulement, deviennent libres et se transforment en globules rouges du sang.

En résumé, les globules blancs du sang et de la lymphe se forment dans les ganglions lymphatiques ; mais, versés dans le torrent circulatoire, ils peuvent se diviser encore. Les globules rouges, au contraire, proviennent, chez l'adulte, de la rate et de la moelle rouge des os : une fois dans les vaisseaux sanguins, ils représentent des formes adultes et même vieilles, incapables de reproduire d'autres globules rouges.

Dès qu'ils sont détruits, dans le foie par exemple, ils sont remplacés par des éléments semblables fournis par la rate et la moelle rouge des os.

APPAREIL RESPIRATOIRE

POUMON

Les organes essentiels de la respiration sont les *poumons* (*pulmo*, poumon). Ils sont au nombre de deux et se trouvent situés dans la poitrine. En terme de boucherie, on désigne ces organes sous le nom de *mou*; comme l'indique cette expression, ils sont formés d'une substance molle, spongieuse. Quand on presse vivement le tissu pulmonaire, on perçoit un bruit semblable à celui que produit le sel marin jeté sur le feu : c'est une sensation de *crépitation* (*crepitare*, pétiller), qui provient de ce que l'air contenu dans les vésicules du poumon s'échappe dans les vésicules voisines. Lorsqu'on l'incise et qu'on le comprime, on voit s'échapper de la surface sectionnée un liquide sanguinolent, mêlé de bulles d'air.

La surface du poumon gauche présente une espèce de fente ou de *scissure* (fig. 85), qui commence en haut et en arrière, se dirige en bas et en avant pour diviser la masse de l'organe en deux parties, l'une supérieure, le *lobe supérieur*, et l'autre inférieure, le *lobe inférieur*. Le poumon droit a également une scissure, mais celle-ci se bifurque en bas et en avant et divise cet organe en trois lobes.

En examinant les faces par lesquelles les poumons se font vis-à-vis, on voit partir d'un endroit, appelé *hile*, plusieurs canaux ; les uns sont des vaisseaux sanguins, que nous connaissons, c'est-à-dire les branches de l'artère pulmonaire et des veines pulmo-

naires; l'autre est un conduit, large de 1 centimètre à 1cm,5, à parois fermes et résistantes et s'appelle *bronche*. La bronche droite et la bronche gauche se portent en haut et en dedans et s'unissent, en se rencontrant, en un canal de calibre plus volumineux, la *trachée-artère* (*tracheia*, rude, âpre). Les anciens lui ont

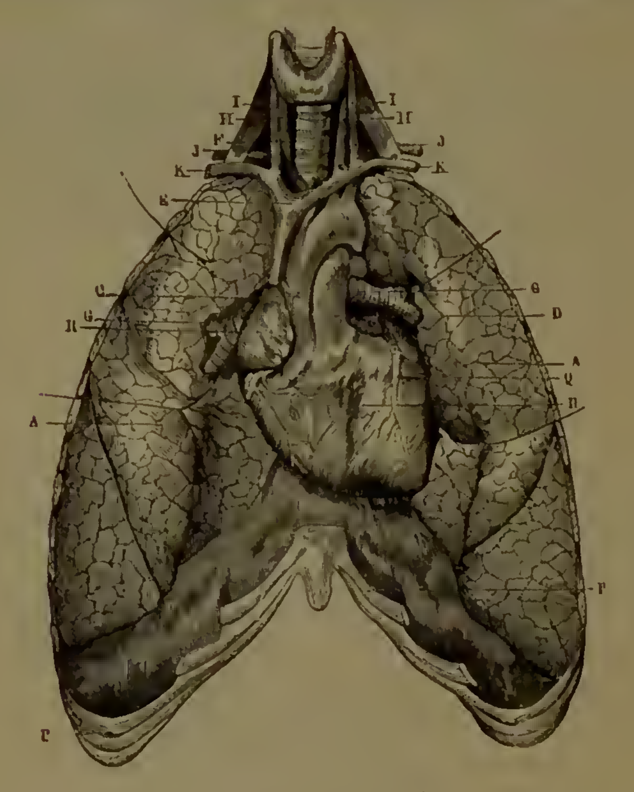


Fig. 85. — Rapports du cœur et du poumon.

A, A, poumons droit et gauche; B, cœur entouré du péricarde; C, origine de l'aorte; D, artère pulmonaire; E, veine cave supérieure; F, trachée-artère; G, G, bronches; H et I, veines jugulaires internes et externes; K, K, veines sous-clavières; P, extrémité inférieure du sternum en relation avec les cartilages costaux.

imposé ce nom, parce qu'ils croyaient que, comme toutes les artères, c'était une artère renfermant de l'air, mais ayant des parois plus rudes (fig. 85, F).

Ayant son tiers inférieur logé dans la poitrine, la trachée-artère monte le long du cou, où elle devient superficielle, et se termine au larynx, qui, nous le savons (fig. 9), s'ouvre dans le pharynx.

Bronches et leurs divisions. — Si, à partir du hile, nous suivons les bronches dans l'intérieur de chaque poumon, nous voyons qu'après un court trajet dans la masse pulmonaire, chacune se divise en plusieurs branches (fig. 86 et 87) : la bronche droite donne naissance à trois branches (supérieure, moyenne et inférieure) pour les lobes supérieur, moyen et inférieur du

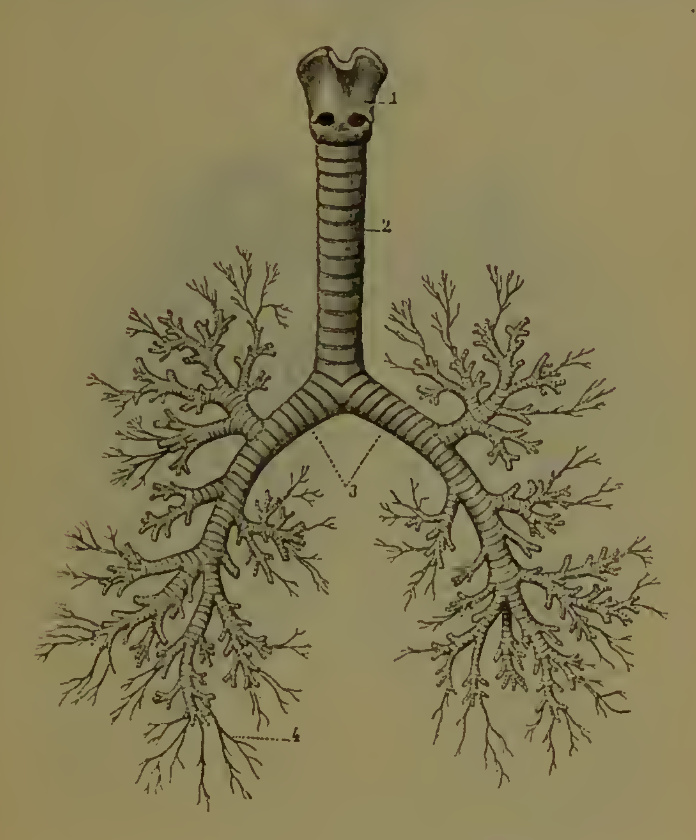


Fig. 86. — Bronches et divisions bronchiques.

1, larynx ; 2, trachée-artère ; 3, bronches ; 4, dernières divisions bronchiques.

poumon droit. La bronche gauche ne donne que deux branches, allant aux deux lobes correspondants du poumon gauche.

Plus loin, les bronches secondaires continuent à se diviser et à se subdiviser comme les rameaux d'un arbre et forment les *divisions* et les *subdivisions* bronchiques, dont les ramifications se répètent une dizaine de fois, jusqu'à ce que la subdivision ultime

atteigne 1 millimètre de diamètre. Cette dernière subdivision se continue avec la substance même du poumon.

Tissu pulmonaire. — Pour se faire une idée du tissu pulmonaire, il convient d'examiner la surface du poumon. On aperçoit alors (fig. 85) une série de lignes foncées qui, en s'entre-croisant, circonscrivent des territoires distincts, d'une étendue de 1 cen-

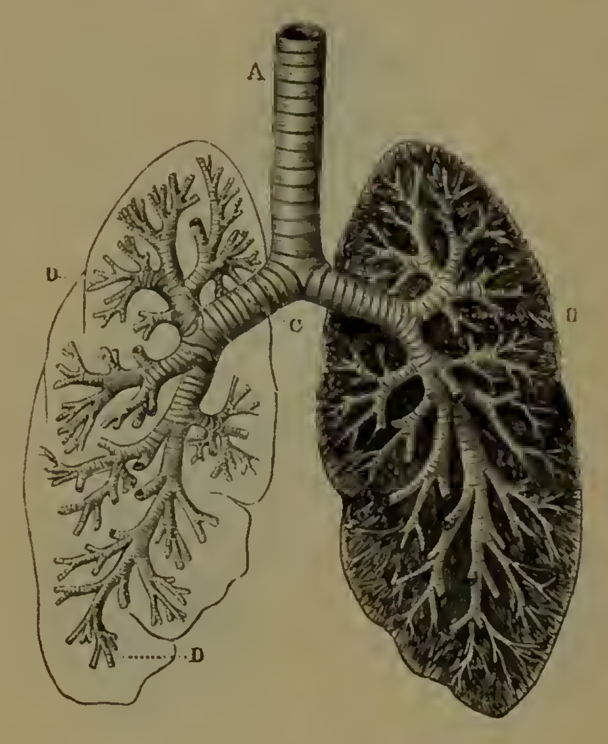


Fig. 87. — Poumon et bronches.

A, trachée-artère; B, bronche gauche se ramifiant dans le tissu pulmonaire gauche; C, bronche droite fournissant les divisions bronchiques droites au poumon droit, dont les contours seuls sont indiqués.

timètre environ. En suivant ces lignes dans l'épaisseur du tissu pulmonaire, on peut, par divers procédés, séparer et isoler les petites masses l'une de l'autre. On voit alors que chacune est appendue dans la profondeur à une dernière division bronchique. Chaque petite masse porte le nom de *lobule pulmonaire*: sa forme est pyramidale à la surface du poumon, mais cuboïde dans la profondeur. Les lignes foncées qui séparent les lobules sont formées de tissu conjonctif, imprégné de particules de

charbon : celles-ci ont été apportées par l'air inspiré et ont pénétré par effraction dans les espaces interlobulaires (fig. 88).

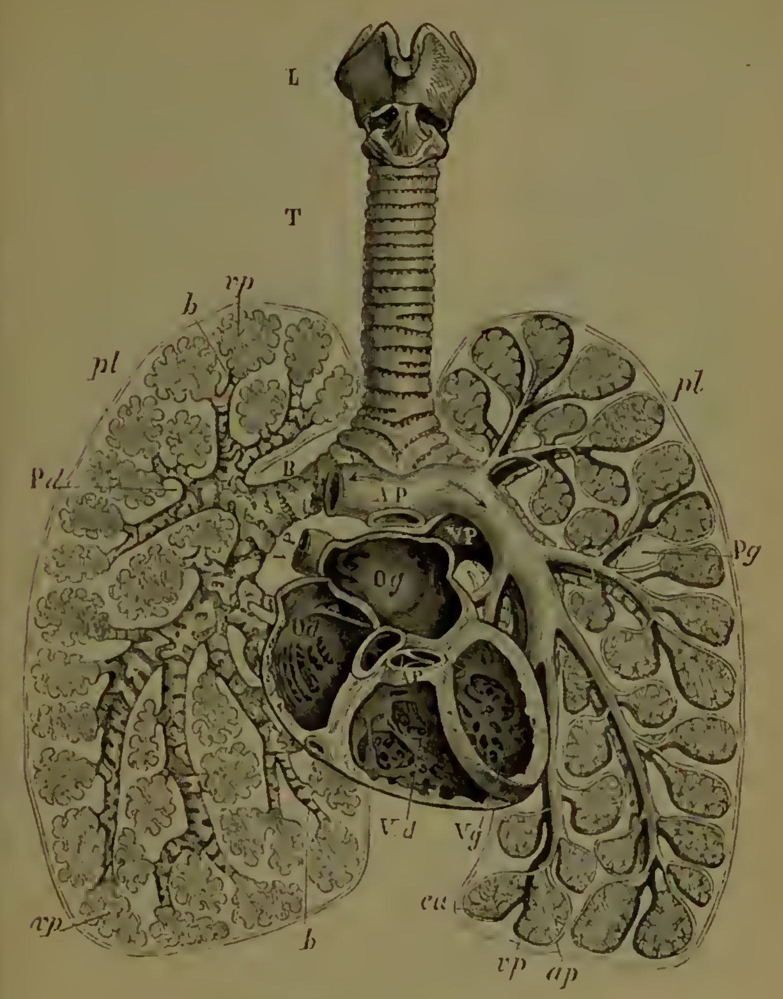


Fig. 88. — Figure théorique du poumon.

Pd, Pg, poumons droit et gauche : *pl*, plèvre viscérale : L, larynx : T, trachée ; B, bronches : *b*, bronchioles : *rp*, lobules pulmonaires ; *ca*, capillaires pulmonaires ; Vd, Vg, ventricules droit et gauche ; Od, Og, oreillettes droite et gauche ; VP, *vp*, veines pulmonaires : AP, *ap*, artère pulmonaire et ses branches.

Lobule pulmonaire. — Comme tous les lobules se ressemblent au fond, il nous suffira d'en étudier un pour connaître la composition du poumon. La figure 89 représente une section longitu-

dinale d'un lobule, dont la masse est subdivisée par une série de lignes en *segments* (*l*, *l*) au nombre de 10 à 15 et atteignant chacun un volume de 2 millimètres environ. La dernière division bronchique (*bs*), appelée *bronche sus-lobulaire*, pénètre dans le lobule et fournit une subdivision ou *bronche terminale* (*bt*) à chacun des segments. En arrivant dans le segment, la bronche terminale ne se dilate pas en ampoules à parois lisses, comme semblent le faire croire la plupart des segments de la figure. Elle se comporte de la façon qui est représentée en bas et à droite : elle s'épanouit en un bouquet de conduits larges de 1 demi-millimètre à 1 millimètre, dont les parois sont bosselées. Les bosselures ou logettes ont les dimensions de 1 à 2 dixièmes de millimètre et ont reçu le nom de *cellules*, c'est-à-dire de cavités *pulmonaires*, *aériennes* ou *respiratoires*, de *vésicules respiratoires* ou d'*alvéoles*. Chaque conduit recouvert d'alvéoles est dit *canal alvéolaire* (*ca*).

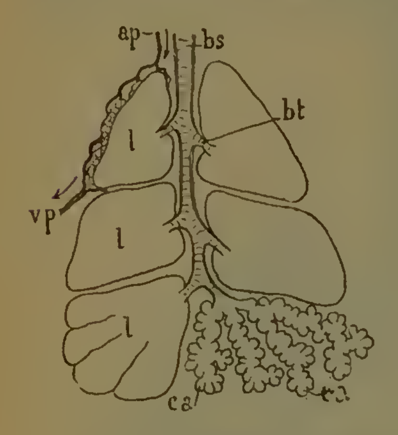


Fig. 89. — Lobule pulmonaire, d'après M. Duval.

bs, bronche sus-lobulaire ; *bt*, bronchiole terminale ; *l*, *l*, *l*, segments lobulaires ; *ca*, canal alvéolaire ; *ap*, artériole se divisant en capillaires sur le lobule pulmonaire, les capillaires se jetant dans une veinule pulmonaire (*vp*).

Les parois du conduit alvéolaire et des alvéoles ont une structure très simple (fig. 90) : c'est une coque de tissu conjonctif, soutenue par un réseau élastique très abondant et dont la surface interne est revêtue d'un épithélium plat (*e*), semblable plus ou moins à l'endothélium des vaisseaux.

Artère et veines pulmonaires. — Quels sont les rapports de l'artère et des veines pulmonaires avec le lobule? Les branches de l'artère qui contient du sang noir arrivent au hile du poumon et se ramifient en suivant les divisions et les subdivisions des bronches; chaque bronche sus-lobulaire est accompagnée d'un rameau de l'artère pulmonaire en arrivant aux lobules. A cet endroit, chaque rameau de l'artère pulmonaire se divise en autant d'artérioles qu'il y a de bronches terminales et chaque artériole (fig. 89, *ap*) se résout en un réseau capillaire qui se répand dans la coque de chaque alvéole. Ce réseau capillaire donne naissance à des veinules (*vp*), qui sont les origines des veines pulmonaires. Les veinules se réunissent successivement autour du lobule en veines

plus grosses, formant en dernier lieu deux veines pulmonaires à chaque poumon (voir p. 98).

Le réseau capillaire du poumon est remarquable par le nombre considérable de ses anastomoses, de sorte que la surface occupée par les capillaires est trois fois plus étendue que leurs intervalles ou mailles. Pour donner une idée de l'étendue de cette nappe sanguine, il suffit de dire que la surface respiratoire, figurée par l'ensemble des alvéoles, est évaluée à 100 mètres carrés environ, c'est-à-dire cinquante fois la surface du corps. Le sang occupe les trois quarts de cette surface, c'est-à-dire 75 mètres carrés. Or, si l'épaisseur des capillaires n'est que celle d'un globule sanguin, on aura $75 \times 0^{mm},007$, c'est-à-dire plus d'un demi-litre de sang étalé en une couche très mince à la surface du poumon. Ce sang se renouvelant d'une façon continue, on a calculé qu'il en passe, dans les 24 heures, plus de 20 000 litres par les capillaires pulmonaires.

Fig. 90. — Rapports des vaisseaux sanguins avec le canal alvéolaire (*l*).

a, artériole pulmonaire se divisant en capillaires (*c*, *c*, *c*) : *v*, *v*, origine des veines pulmonaires ; *e*, épithélium aplati, qui revêt les alvéoles pulmonaires.

Le poumon rappelle la configuration d'une glande en grappe. — Pour résumer cette conformation du poumon en une idée d'ensemble, je me borne à dire que le poumon prend naissance sur le pharynx à la façon d'une glande (fig. 9). Il se forme un bourgeon qui s'allonge, se divise et se subdivise comme nous l'avons vu pour les glandes en grappe. Il descend dans la poitrine; il est formé d'une enveloppe conjonctive et d'un revêtement intérieur composé de cellules épithéliales. Celles-ci sont d'abord hautes, mais dans les lobules pulmonaires elles s'aplatissent à mesure que les vésicules pulmonaires se dilatent. A la première inspiration, elles s'étendent en surface comme une pâte ductile pour former le revêtement épithélial des alvéoles pulmonaires.

Structure des bronches et de leurs divisions. — Tandis que dans l'alvéole la paroi pulmonaire n'est composée que d'une coque

conjonctive et élastique tapissée de cellules épithéliales aplaties, les conduits (trachée-artère, bronches et divisions bronchiques) présentent une véritable muqueuse doublée d'une tunique externe. Cette dernière, épaisse, est composée, comme le montre la coupe (fig. 91), d'une membrane fibreuse (*f*), à laquelle viennent s'adjoindre des anneaux cartilagineux (*c*). On peut, au cou, sentir ces derniers à travers la peau. Les anneaux cartilagineux, incomplets en arrière, dans la trachée et les bronches, deviennent de plus en plus petits dans les divisions bronchiques, où ils finissent par ne plus être représentés que par des nodules. Néanmoins ils donnent à ces conduits aérifères une consistance telle, qu'ils restent toujours béants quand on les sectionne.

Ajoutons que des fibres musculaires lisses se développent dans la trachée, les bronches et leurs divisions. Elles constituent des sortes d'anneaux contractiles qui peuvent concourir au rétrécissement de l'arbre aérien.

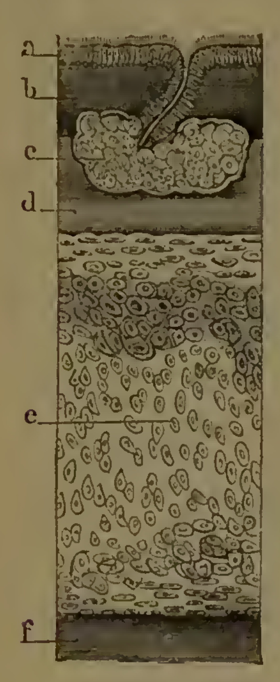


Fig. 91. — Section d'une portion de bronche (grossie).

a, épithélium cilié; *b*, chorion de la muqueuse; *c*, glande muqueuse en grappe; *d*, couche sous-muqueuse; *e*, cartilage; *f*, membrane fibreuse.



Fig. 92. — Portion de muqueuse des bronches avec l'épithélium à cils vibratiles (grossie).

La muqueuse des conduits aérifères présente un chorion (*a*) avec de nombreuses fibres élastiques, et un épithélium composé de plusieurs couches de cellules épithéliales hautes et cylindriques (fig. 91, *a*, et fig. 92).

De nombreuses glandes en grappe (*c*), semblables à celles des premières portions du tube digestif, se trouvent dans la muqueuse et sécrètent un mucus abondant.

Cils vibratiles. — Les cellules épithéliales de la trachée et des bronches doivent nous arrêter spécialement. La figure 92 montre que l'extrémité libre des cellules épithéliales est hérissée de fins filaments, hauts d'un demi-centième de millimètre et qu'on a comparés aux *cils* des paupières. Si l'on isole une des cellules et qu'on l'examine à un grossissement plus fort (fig. 95), on voit que la partie libre de la cellule est terminée par une sorte de plateau (*p*) sur lequel sont implantés et dressés les cils, à la manière des crins d'une brosse. Pendant la vie de la cellule épithéliale, les cils offrent une propriété remarquable, découverte déjà vers la fin du XVII[e] siècle : en observant la muqueuse de la trachée *vivante*, on voit les cils se relever et s'abaisser d'un mouvement vibratoire, comme un champ de blé agité par le vent ; de là le nom de *cils vibratiles* qui leur a été donné. Ce mouvement de vibration est si rapide, qu'il est difficile de le voir, et c'est au bout d'un certain temps, après que la cellule a été détachée et que le mouvement des cils se ralentit, qu'il devient bien visible.

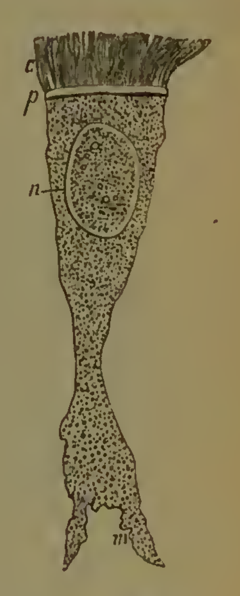


Fig. 95. — Cellule à cils vibratiles.

n, noyau ; *p*, liséré transparent ou plateau sur lequel sont implantés les cils vibratiles (*c*) (très grossie).

Chez l'homme, les cils vibratiles existent dans l'arbre aérien depuis les fosses nasales jusque vers les dernières divisions bronchiques, dans l'oreille moyenne, dans le canal central de la moelle épinière, etc.

Usage des cils vibratiles. — Le rôle des cils vibratiles peut être établi par plusieurs expériences qui rendent leurs effets visibles à l'œil nu. La grenouille a des cils vibratiles sur la muqueuse de la bouche, du pharynx et de l'œsophage. En saupoudrant cette muqueuse d'une poussière colorée, on voit qu'au bout de peu de temps la poussière est entraînée vers l'estomac, comme si l'on balayait la surface de l'œsophage.

Quoique de dimensions si petites, les cils vibratiles peuvent, par leur nombre, développer une certaine force. Une paille introduite dans l'œsophage d'une grenouille est entraînée vers l'estomac. M. Mathias Duval le démontre d'une façon plus saisissante par l'expérience suivante : Enlevant l'œsophage d'une grenouille, il le fend en long, puis il l'étale et place une des extrémités de la muqueuse sur un morceau de liège. Alors on voit la muqueuse mon-

ter sur le liège, à la façon d'une limace qui rampe, et parcourir une longueur de 1 centimètre en cinq minutes. Les cils ont donc assez de force pour déplacer l'œsophage lui-même (*limace artificielle*).

Le rôle des cils vibratiles se borne chez l'homme à transporter, à partir des divisions bronchiques, des bronches et de la trachée-artère et du larynx vers l'extérieur, les mucosités et les poussières qui s'y sont accumulées. Ajoutons que dans les fosses nasales le mouvement des cils vibratiles est dirigé, non vers l'extérieur, mais du côté du pharynx, où ils poussent les mucosités.

POITRINE OU THORAX

La connaissance de la *cage thoracique* est indispensable pour comprendre l'entrée et la sortie de l'air des poumons. La figure 94 montre le squelette de cette cage. En arrière se trouvent les *douze vertèbres thoraciques* (*th*), formant une tige verticale et concave en avant; sur la face antérieure du thorax, on voit une pièce osseuse également verticale, le *sternum* (*s*). Ces deux tiges sont reliées par des arcs osseux, les *côtes*. Celles-ci sont au nombre de douze de chaque côté. Elles augmentent de longueur depuis la 1re (à partir d'en haut) jusqu'à la 7e, pour diminuer de celle-ci à la 12e. Comme les vertèbres et le sternum, elles sont formées d'os, sauf dans la partie voisine du sternum : celle-ci est restée *cartilagineuse*, c'est-à-dire souple et élastique. Les cartilages des *sept premières* côtes vont s'unir directement au sternum (*vraies côtes*). Les suivants n'arrivent pas directement au sternum (*fausses côtes*). Les cartilages des 8e, 9e et 10e côtes se fixent sur le cartilage de la côte précédente.

Insistons sur ce fait (représenté dans la figure 94) que les *deux* dernières côtes ont leur extrémité libre dans la paroi abdominale (*côtes flottantes*).

L'extrémité postérieure des côtes s'appuie et s'unit par deux points sur la colonne vertébrale, de telle sorte qu'elle peut *s'élever* ou *s'abaisser*, en glissant sur ce levier immobile. Notons encore que les côtes forment un arc de cercle convexe en dehors; de plus, comme on le voit très bien sur la figure, leur extrémité antérieure est située plus bas que la postérieure. Grâce à l'élasticité du cartilage costal, cette extrémité antérieure des côtes devient fort mobile, et, dès qu'elle est élevée, le sternum est projeté en avant; en outre, les côtes non seulement s'élèvent, mais, tournant leur convexité en dehors et s'écartant l'une de l'autre, elles agrandissent la cage thoracique dans le sens des diamètres antéro-

postérieur et transversal. La diminution de ces diamètres est amenée par un mécanisme inverse.

Tel est le squelette du thorax. Il s'agit de fermer cette cage à claire-voie et d'en faire une hermétiquement close. A cet effet, les espaces, entre deux côtes qui se suivent, sont comblés par un tissu mou et les bords des côtes sont

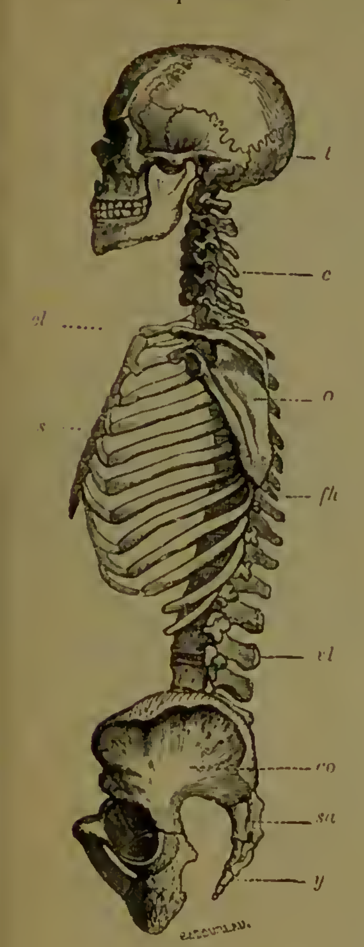


Fig. 94. — Os de la tête et du tronc.

t, tête; *c*, vertèbres cervicales; *cl*, clavicule; *s*, sternum; *o*, omoplate; *th*, vertèbres thoraciques; *vl*, vertèbres lombaires; *co*, os coxal; *sa*, sacrum; *y*, coccyx.

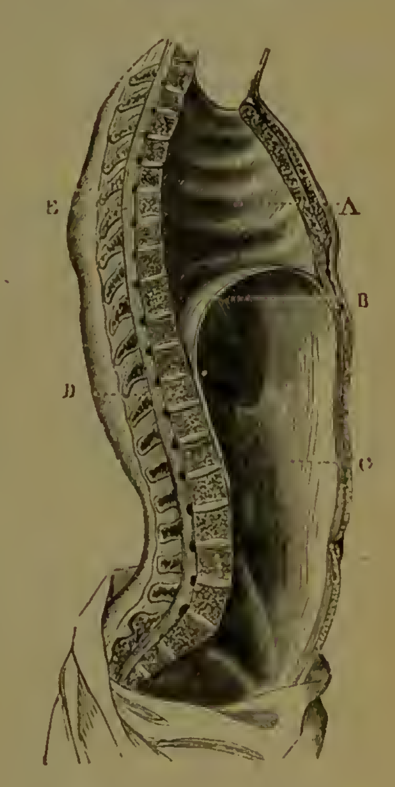


Fig. 95. — Section médiane et verticale du tronc de l'homme.

A, cavité de la poitrine avec les côtes et les muscles intercostaux; B, diaphragme; C, cavité abdominale; D, colonne vertébrale; E, canal rachidien.

unis par des bandes *musculaires striées*. Celles-ci sont disposées sur deux plans : l'un interne (muscles *intercostaux internes*), dont les fibres se dirigent en bas et en arrière (fig. 95, A), l'autre

externe (*muscles intercostaux externes*), dont les fibres se dirigent en bas et en avant (fig. 128, *b*, p. 201).

Cette alternance d'arcs osseux et de plans musculaires assure à la poitrine de la solidité, de la légèreté et la possibilité d'agir instantanément, par la contractilité des muscles intercostaux, sur le squelette thoracique.

Diaphragme. — La base de la cage thoracique est séparée de la cavité abdominale par une cloison musculaire (fig. 95, B) en forme de voûte à convexité supérieure. Platon l'a appelée *diaphragme* (*diaphragma*, séparation). Il s'attache sur le pourtour de la base de la cage thoracique (vertèbres, côtes et sternum). De ces divers points périphériques les fibres musculaires rayonnent vers le centre de la cage, où elles se terminent par un *tendon aplati*, brillant et nacré.

Lorsque ces fibres musculaires se contractent, elles abaissent la voûte du diaphragme, c'est-à-dire qu'elles agrandissent la hauteur de la poitrine, et en même temps elles élèvent les fausses côtes, d'où augmentation des autres diamètres du thorax. En agissant ainsi, le diaphragme devient, comme nous le verrons, le muscle inspirateur par excellence. Aussi le célèbre physiologiste du XVIII[e] siècle, Haller, a-t-il eu raison de dire que le diaphragme est le plus important des muscles, après le cœur.

Si nous garnissons la surface extérieure de la cage des nombreux muscles qui viennent s'y insérer et si nous recouvrons le tout par la peau, nous aurons une poitrine complètement close.

Les poumons sont enfermés dans un double sac séreux, formé par la plèvre. — Il s'agit d'examiner quelle est la situation des poumons dans la poitrine. Ces organes sont enveloppés, de la même façon que les viscères en général, par une membrane séreuse. Celle-ci porte, dans le cas particulier, le nom de *plèvre* (*pleura*, côté, côte). Elle affecte, comme le péritoine, la forme d'un bonnet de coton double (fig. 96) : l'un des feuillets (*p*), dit *pariétal* (*paries*, paroi), tapisse la face intérieure de la cage thoracique et la face supérieure du diaphragme ; l'autre, dit *viscéral* (*v*), revêt la face extérieure du poumon droit ou du poumon gauche. Ces deux feuillets se continuent, au niveau du hile du poumon, l'un avec l'autre et constituent autour de chacun des deux poumons un sac sans ouverture. Bien que se touchant par la surface par laquelle ils se regardent, les deux feuillets, pariétal et viscéral, sont séparés par un intervalle, une fente, dite *cavité pleurale* (*c*), dans laquelle il y a un vide virtuel. Grâce à l'état lisse, poli et humide de la surface des feuillets, le poumon peut glisser sur la face intérieure de la cage thoracique. Lorsque les feuillets pariétaux (5) se por-

tent depuis le sternum vers la colonne vertébrale, de chaque côté du péricarde, ils forment une cloison conjonctive, visible sur la figure 10, et appelée *médiastin* (*méd.*). Celui-ci renferme dans sa portion antérieure (*médiastin antérieur*) le cœur C^r; dans sa partie postérieure (*médiastin postérieur*), il contient l'œsophage, l'aorte et le canal thoracique.

Cette disposition entraîne la séparation et l'indépendance des deux cavités pleurales; chacune peut s'enflammer séparément et se remplir de liquide (*pleurésie*) ou de gaz (*pneumothorax*).

Mécanisme de l'inspiration. — Nous sommes à même d'étudier le mécanisme de l'entrée de l'air dans le poumon, c'est-à-dire

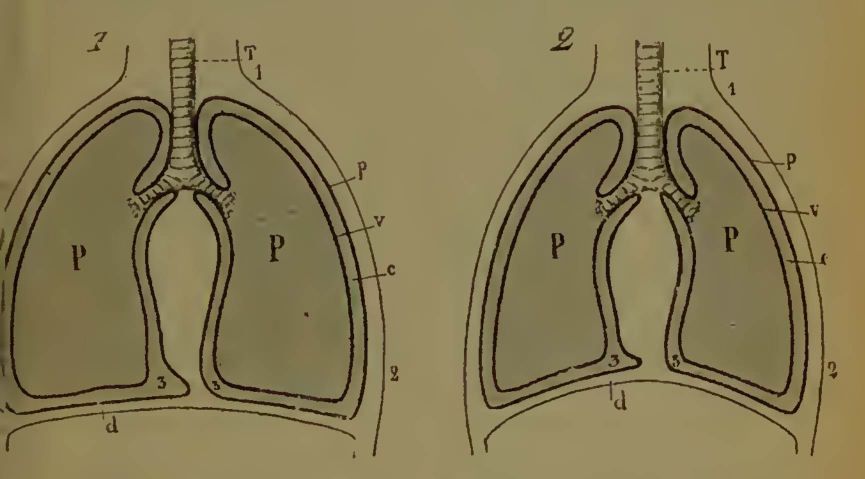


Fig. 96. — Poumons et cage thoracique à l'état de repos (2) et en inspiration (1).

T, trachée-artère; P, P, poumons; *d*, diaphragme; *p*. feuillet pariétal de la plèvre; *v*. feuillet viscéral; *c*, cavité pleurale.

l'*inspiration*. En supposant une respiration calme, le diaphragme se contracte et a pour effet, comme je l'ai dit plus haut, d'agrandir la poitrine en tout sens (fig. 96, 1). Il en résulte que la paroi thoracique et le diaphragme tendent à s'éloigner des deux poumons. Or, voici les conditions dans lesquelles se trouve placé cet organe : sa surface *intérieure* est en communication par les narines, la bouche, le pharynx, le larynx, la trachée, les bronches et leurs divisions, avec l'air extérieur, c'est-à-dire qu'elle supporte une pression égale à la pression atmosphérique. La surface extérieure du poumon est en contact avec le vide virtuel de la cavité pleurale (*c*). L'air intérieur du poumon, qui a la pression de l'atmosphère, pousse la surface pulmonaire vers le vide virtuel; il distend les

alvéoles pulmonaires au moment de l'agrandissement en tout sens de la cage thoracique et les force à suivre le mouvement d'expansion de cette dernière. L'élasticité de la coque des alvéoles et des conduits alvéolaires leur permet de se prêter admirablement à cette dilatation. La conséquence immédiate de cette ampliation pulmonaire est la raréfaction de l'air qui y est contenu et la diminution de sa pression. Comme l'air intra-pulmonaire est en communication par les voies toujours béantes (des fosses nasales, de la trachée, des bronches et de leurs divisions) avec l'air extérieur, celui-ci s'y précipite pour rétablir l'équilibre : c'est cette entrée d'air qui s'appelle *inspiration*, amenée, comme nous le voyons, par l'action musculaire du diaphragme. Il entre environ un demi-litre d'air dans le poumon à chaque inspiration calme, c'est-à-dire le dixième de la capacité des deux poumons : ceux-ci, en effet, peuvent contenir 5 litres environ chez un homme vigoureux.

Expiration. — Après chaque contraction, le diaphragme se repose, comme le muscle cardiaque. A cet effet, il reprend sa voussure, les côtes s'affaissent et les diamètres de la cage thoracique diminuent en tous sens (fig. 96, 2). Le poumon, n'étant plus violenté, obéit à l'élasticité de son tissu et revient sur lui-même. L'air contenu dans les alvéoles et les conduits alvéolaires est comprimé et acquiert une pression plus forte : une partie (un demi-litre environ) s'échappe par l'ouverture béante des voies respiratoires. Cet acte s'appelle *expiration*.

Respiration intense. — Telle est la respiration *calme et ordinaire*, dans laquelle l'inspiration est essentiellement active et l'expiration reste passive. Mais dans les inspirations plus fortes, *forcées*, bien d'autres muscles peuvent concourir à l'ampliation du thorax : ce sont des muscles qui, d'une part, s'attachent soit au crâne, soit à la colonne vertébrale, soit aux membres supérieurs, et qui, d'autre part, viennent s'insérer au thorax. La plupart de ces muscles (Pl. IV), (sterno-mastoïdien (7), grand dentelé (15), grand pectoral (14), etc.), prennent leur point d'appui sur la tête et les membres supérieurs, et vont s'attacher à la partie supérieure du thorax, dont ils élèvent et dilatent les parois.

Dans les mouvements d'expiration intense et laborieuse, une série de muscles diminuent d'une façon active les diamètres de la cage thoracique. Les muscles qui agissent dans les fortes expirations font partie de la paroi abdominale et viennent s'attacher à la base de la cage thoracique. En se contractant, ils abaissent les côtes et diminuent les dimensions du thorax.

Air de réserve. — Air résidual. — Lorsqu'on met en action les muscles respirateurs et qu'on rejette par un mouvement énergique

tout l'air qu'il est possible de chasser, on ajoute à la quantité d'air normalement expirée un surplus, qui est dit *air de réserve*. Cependant, quoi que nous fassions, nous ne pouvons jamais chasser, même par l'expiration la plus énergique, une certaine quantité d'air : c'est le *résidu* d'air ou *air résidual*. Le poumon, en effet, ne peut, pendant toute la vie, satisfaire complètement à son élasticité; il est dilaté et violenté par le vide pleural. Voilà pourquoi il y persiste toujours une certaine masse d'air ou air résidual. Nous pouvons le chasser sur un animal en faisant une large plaie à la poitrine et en permettant ainsi à l'air extérieur de pénétrer dans la cavité pleurale. Alors on voit le poumon correspondant se rétracter contre la colonne vertébrale. Il devient une éponge immobile, qu'il est impossible de dilater à nouveau au moment de l'inspiration. L'air extérieur qui a pénétré dans la cavité pleurale, a fait disparaître le vide et fait équilibre à l'air qui se trouve à la surface intérieure du poumon. Celui-ci n'obéit plus qu'à son élasticité et se rétracte librement. Les maladies de la plèvre produisent souvent cet effet; mais, comme chaque poumon a sa cavité pleurale indépendante, le côté sain supplée aux fonctions du côté perdu. Si l'on ouvre largement les deux cavités pleurales, l'animal ne peut plus faire pénétrer d'air dans ses poumons et il meurt asphyxié.

En résumé, une respiration se compose d'une *inspiration* et d'une *expiration*, suivies parfois d'une période de repos ou *pause respiratoire*. Dans la respiration calme, il y a 14 à 15 respirations par minute, ce qui fait qu'on respire une fois pendant que le cœur bat cinq fois.

L'âge fait varier le nombre des mouvements respiratoires : l'enfant respire plus fréquemment que l'adulte. L'exercice et l'activité musculaire accélèrent la respiration, de même que toutes les causes d'excitation physique ou morale. Par la volonté nous pouvons activer, ralentir ou même arrêter, dans certaines limites, les mouvements respiratoires.

Murmure vésiculaire. — En appliquant l'oreille contre la poitrine d'une personne qui respire, on entend deux bruits : l'un qui accompagne l'inspiration et qui produit l'effet d'un *souffle très doux* : c'est le *bruit* ou *murmure vésiculaire*. On sait, depuis les observations faites au commencement de ce siècle par le médecin français Laënnec, que ce murmure est dû au déplissement des alvéoles pulmonaires au moment où l'air y pénètre et les dilate.

L'autre bruit est plus fort et s'entend le mieux au niveau des grosses bronches et de la trachée. On appelle ce deuxième bruit le *souffle bronchique*; il est déterminé par le passage, dans les gros canaux des bronches, de l'air inspiré et expiré. Ces bruits ont une

grande importance pour le médecin, qui peut, d'après leurs modifications, juger de l'état du poumon et des bronches.

Un certain nombre d'actes se rattachent aux mouvements respiratoires. Tels sont le *soupir*, le *bâillement*, le *hoquet*, le *sanglot*, qui sont des inspirations particulières, amenées par certaines influences nerveuses. La *toux*, le *rire*, l'*éternuement* sont des mouvements d'expiration plus ou moins violents. Dans l'*effort*, nous faisons une inspiration profonde, puis nous empêchons la sortie de l'air en fermant le larynx (*glotte*), afin de transformer la cage thoracique en un point d'appui solide pour les muscles qui s'y insèrent.

Modifications subies par l'air inspiré. — Les médecins de l'antiquité croyaient que la pénétration de l'air dans le poumon servait à rafraîchir le sang. Ils prenaient d'ailleurs l'air pour un corps simple.

Au XVIIe siècle, on commença à soupçonner la nature plus complexe de ce gaz. Au commencement du XVIIIe siècle, l'allemand Stahl s'engagea dans une fausse route : pour lui tout corps, en brûlant, met en liberté un principe qui se dégage du corps où il est fixé et constitue la flamme. Cet être hypothétique reçut le nom de *phlogistique* (*phlogizo*, j'enflamme). Malgré quelques expériences sur les modifications que subit l'air lorsqu'on chauffe des métaux en sa présence, on ne put se débarrasser du phlogistique. En 1774, l'Anglais Priestley montra que les animaux, en respirant, *déphlogistiquent* l'air, qui devient irrespirable, et que l'air privé de son phlogistique, ou *déphlogistiqué*, n'entretient ni la combustion ni la respiration.

Expériences et découvertes de Lavoisier. — En 1777, le Français Lavoisier reprend toutes ces expériences sur la calcination des métaux et il montre les modifications que subit l'air lorsqu'on chauffe les métaux en sa présence. Voici les résultats remarquables auxquels il est arrivé : « Les cinq sixièmes de l'air que nous respirons, dit-il, sont dans l'état de *mofette*, c'est-à-dire incapables d'entretenir la respiration des animaux, l'inflammation et la combustion des corps. Le surplus, c'est-à-dire un cinquième seulement du volume de l'air de l'atmosphère, est *respirable*. Dans la calcination du mercure, cette substance métallique absorbe la partie salubre de l'air, pour ne laisser que la mofette; enfin, en rapprochant ces deux parties de l'air ainsi séparées, la partie respirable et la partie méphitique, on refait de l'air semblable à celui de l'atmosphère.

« Ces vérités préliminaires sur la calcination des métaux, ajoute Lavoisier, nous conduisent à des conséquences simples sur la

respiration des animaux, et, comme l'air qui a servi quelque temps à l'entretien de cette fonction vitale a beaucoup de rapport avec celui dans lequel les métaux ont été calcinés, les connaissances relatives à l'un vont naturellement s'appliquer à l'autre. »

Lavoisier plaça un moineau sous une cloche hermétiquement fermée et il constata qu'il mourut au bout de 55 minutes. « L'air ainsi respiré par l'animal était devenu fort différent de l'air de l'atmosphère; *il précipitait l'eau de chaux, éteignait les lumières*; *un nouvel oiseau n'y vécut que quelques instants*.... Cet air différait en deux points de celui qui avait servi à la calcination du mercure: 1° la diminution de volume avait été beaucoup moindre dans la dernière expérience que dans la première; 2° *l'air de la respiration précipitait l'eau de chaux*. »

La respiration est une combustion. — Lavoisier montra par l'analyse que cet air ainsi respiré par l'animal renfermait de l'*acide crayeux aériforme*, c'est-à-dire de l'acide carbonique. « Ainsi, continue Lavoisier, l'air qui a servi à la respiration, lorsqu'il a été dépouillé de la portion de l'acide crayeux aériforme qu'il contient, n'est également qu'un résidu d'air commun privé de sa partie respirable. »

Aujourd'hui nous appelons *azote* cet *air irrespirable* aux animaux; ajoutons que Lavoisier lui-même a donné le nom d'*oxygène* à la partie respirable. Lavoisier a donc établi, par ses expériences, que l'air expiré renferme de l'acide carbonique, qui manquait à l'air inspiré. « La respiration, dit-il, n'a d'action que sur la portion d'air pur, d'air éminemment respirable, contenu dans l'air de l'atmosphère; le surplus, c'est-à-dire la partie méphitique, est un milieu purement passif; il entre dans le poumon et en sort sans changement.

« Si l'on enferme des animaux dans une quantité donnée d'air, ils y périssent lorsqu'ils ont absorbé ou converti en acide crayeux aériforme la majeure partie de la portion respirable de l'air. »

Si nous traduisons ces expressions par les termes aujourd'hui en usage pour désigner ces divers gaz, nous dirons que l'air est formé : 1° d'une partie irrespirable, l'*azote*, qui existe dans les mêmes proportions dans l'air inspiré et dans l'air expiré; 2° d'une partie éminemment respirable, l'*oxygène*, qui est convertie, dans le corps, en *acide carbonique* (*acide crayeux aériforme*).

Ces citations prouvent que Lavoisier a démontré, par la voie des expériences, que la respiration consiste en une absorption d'oxygène par le sang et en un dégagement d'acide carbonique et de vapeur d'eau. Depuis cent ans, la science n'a fait que confirmer ce fait capital, en y ajoutant quelques découvertes accessoires.

Des analyses exactes ont montré, en effet, que 100 parties d'air inspiré (atmosphérique) contiennent en volume :

Oxygène.	21 parties
Azote	79 —

De plus, il y existe des traces d'acide carbonique, dans la proportion de 2 à 3 dix-millièmes, et un peu de vapeur d'eau.

En rapprochant ces chiffres de la composition de l'*air expiré*, on jugera des modifications que subit l'air qui passe par le poumon :

	Air inspiré.	Air expiré.
Azote.	79	79
Oxygène.	21	15,5
Acide carbonique. . . .	0,0002	4,5
	100	99

On obtient le chiffre 99, au lieu de 100, parce qu'une partie de l'oxygène disparaît en brûlant des substances qui s'en vont par l'urine.

L'air expiré contient de plus de la vapeur d'eau. En hiver, sa présence est manifeste : c'est elle, en effet, qui, en arrivant dans l'air froid, se précipite en formant un nuage visible (*buée*).

Pour constater la présence de l'acide carbonique dans l'air expiré, chacun peut faire l'expérience bien simple que voici : Il suffit de mettre dans un vase en verre de l'eau de chaux, et de souffler dans cette eau au moyen d'un tube de verre. Au bout de quelques minutes, l'eau se trouble : il s'y est formé des grains blancs qui se déposeront au fond du verre. Le précipité ainsi formé résulte de la combinaison de l'acide carbonique et de la chaux ; c'est du carbonate de chaux, semblable à la craie. Si l'on y verse un acide, cette poudre fera effervescence, parce que l'acide carbonique se dégagera à nouveau.

Acte intime de la respiration. — Dans l'acte respiratoire, le globule rouge du sang joue le rôle capital.

Une première question se pose : Où se forme l'acide carbonique ? est-ce dans le poumon ou dans l'intérieur des tissus du corps ? Lavoisier s'était posé ce problème, sans le résoudre. Aujourd'hui il est établi que la combinaison de l'oxygène avec le carbone a lieu dans les tissus (voir *chaleur animale*, p. 157). Dans le poumon se fait uniquement l'échange de l'oxygène et de l'acide carbonique. Ici encore nous assistons à un choix spécial fait, d'un côté, par les

globules rouges, et de l'autre par le plasma. Le plasma prend 10 fois moins d'oxygène que le sang qui contient des globules rouges. Ceux-ci fixent l'oxygène grâce à l'hémoglobine (voir p. 86); 100 parties d'hémoglobine prennent 125 parties d'oxygène; la fixation consiste en une combinaison très faible, appelée *oxyhémoglobine*; elle est même si faible, que le vide de la machine pneumatique suffit pour faire dégager l'oxygène d'une solution d'oxyhémoglobine.

L'oxygène se fixe sur les globules rouges. — Les globules rouges, chargés d'oxygène au niveau des capillaires pulmonaires, sont emportés par les veines pulmonaires, puis, au sortir du cœur gauche, par l'aorte, et arrivent dans les capillaires (généraux) des organes. En passant par les capillaires généraux, les globules rouges cèdent aux tissus leur oxygène, puis ils sont ramenés par les veines caves, et, au sortir du cœur droit, par l'artère pulmonaire jusqu'aux capillaires pulmonaires. Ici ils fixent une nouvelle quantité d'oxygène pour refaire la même tournée circulaire. Les globules rouges sont bien, selon l'expression de Kuss, ancien médecin de Strasbourg, des *commis voyageurs* en oxygène.

L'acide carbonique est fixé par le plasma sanguin. — Quant à l'acide carbonique produit dans les tissus, il se combine avec les sels du plasma sanguin, surtout avec les carbonates de soude. En arrivant dans les capillaires du poumon, ces sels sont décomposés, ou plutôt dédoublés, grâce à la pauvreté en acide carbonique de l'air inspiré, puisque celui-ci n'en contient que des traces.

Rappelons que les parois des capillaires opposent une faible barrière à la diffusion et au passage des gaz; elles sont épaisses à peine de 1 millième de millimètre; dans les capillaires du poumon il s'y ajoute l'endothélium de la coque alvéolaire; or cet endothélium des alvéoles n'atteint même pas cette épaisseur. La cloison de séparation entre l'air intra-pulmonaire et le sang ne dépasse pas 2 millièmes de millimètre.

Le sang se refroidit dans le poumon. — Le sang s'échauffe-t-il ou se rafraîchit-il au niveau du poumon? En prenant la température du sang dans le cœur gauche et le cœur droit, on a trouvé que ce dernier a une température légèrement plus élevée. On en a conclu que le sang se refroidissait en passant par les capillaires du poumon. M. Berthelot a montré récemment que l'oxygène, en se fixant sur les globules rouges et en s'y combinant, devrait échauffer le sang d'un septième de degré; mais, comme l'acide carbonique se dégage simultanément et absorbe à cet effet une certaine quantité de chaleur, le sang du poumon ne s'échauffe que d'un dixième de degré. Or, dans nos climats, les pertes de chaleur sont plus considérables par l'arrivée de l'air froid que ne l'est

l'élévation de la température à la suite de la combinaison de l'oxygène avec l'hémoglobine. En un mot, le sang se refroidit plutôt qu'il ne s'échauffe en passant par le poumon. Il résulte de ce refroidissement, comme l'a montré depuis longtemps Cl. Bernard, que le *sang rouge* du cœur *gauche* a une température légèrement moins élevée que le *sang noir* du cœur *droit*.

Influence de l'exercice sur la respiration. — L'exercice a pour effet d'introduire plus d'oxygène dans le corps en augmentant le volume du poumon et en amplifiant la poitrine. Il produit des inspirations *profondes*. Tandis que la quantité d'air que *nous inspirons* dans une respiration ordinaire est d'un demi-litre, la quantité d'air inspirée dans une inspiration énergique peut aller jusqu'à 2 litres, c'est-à-dire que nous ajoutons à la quantité normale 1 litre ou 1 litre et demi d'*air complémentaire*.

Les inspirations profondes activent le brassage de l'air dans le poumon. C'est au niveau des alvéoles pulmonaires que se dégage l'acide carbonique; puis il s'établit entre les couches profondes et les couches supérieures de l'arbre aérien un courant de diffusion, l'oxygène gagnant les parties profondes, et l'acide carbonique les parties superficielles. On donne à cette circulation gazeuse le nom de *ventilation* pulmonaire. M. Gréhant a montré l'influence des inspirations profondes sur la ventilation pulmonaire : « 40 inspirations de 300 centimètres cubes ne produisent pas un renouvellement aussi parfait que 20 inspirations de 500 centimètres cubes ».

Chez un homme bien musclé, la masse des muscles représente les deux cinquièmes du poids du corps. Or, en analysant le sang qui sort d'un muscle venant de se contracter et celui qui en sort pendant le repos musculaire, on a trouvé une plus forte proportion d'acide carbonique dans le premier cas. D'autre part, la fréquence des pulsations du cœur augmente par l'exercice musculaire, ce dont il est facile de s'assurer en interrogeant le pouls.

Influence de l'exercice sur la santé. — L'exercice augmente donc la quantité d'acide carbonique dans le sang : d'où le besoin plus grand d'oxygène et l'appel de l'air par le poumon. C'est là ce qui explique les mouvements respiratoires plus fréquents pendant le travail musculaire.

Ces phénomènes sont frappants chez l'adulte, mais ils ont une importance autrement grande chez l'enfant dont les organes se développent. Si les enfants de la campagne élevés au grand air acquièrent une grande largeur de poitrine, c'est que par instinct ils courent librement et se livrent à tous les exercices. Il convient par conséquent de pousser les enfants des villes à tous les jeux en plein air où ils sont forcés de courir et de faire travailler non seule-

ment un groupe de muscles, mais la plupart des muscles du corps. C'est là une des conditions de la santé de l'enfant ; de plus, elle active la nutrition, et le poumon acquiert une puissance de développement qui manquera toujours à l'enfant étiolé par la vie sédentaire.

Asphyxie. — Lorsque la mort survient par *défaut d'air* ou par l'entrée d'un gaz toxique dans le poumon, elle a lieu par *asphyxie* (*a*, privatif ; *sphyxis*, pouls, parce qu'on avait dans le temps l'habitude de reconnaître la mort à l'absence du pouls). L'expérience du moineau sous la cloche (p. 139) faite par Lavoisier est un exemple d'asphyxie par privation de l'oxygène qui s'épuisait lentement. De plus, il s'ajoutait, dans ce milieu confiné, une certaine quantité d'acide carbonique dont la pression empêchait celui du sang de se dégager. On donne le nom d'*air confiné* à l'air qui ne se renouvelle pas. L'histoire nous rapporte un certain nombre d'exemples terribles où des prisonniers, entassés par centaines dans une cave ou une prison étroite, furent trouvés le lendemain morts par asphyxie.

On a calculé que, pour les besoins normaux de la respiration, il faut à chaque personne 10 mètres cubes d'air pur par heure ; or, comme peu de gens disposent de chambres assez vastes pour cette quantité d'air, on est obligé de renouveler l'air par la *ventilation* Dans les habitations ordinaires, ce sont les cheminées, les joints béants des fenêtres et des portes qui établissent les courants d'air nécessaires à la pénétration de l'air extérieur. Dans les salles de réunion, les écoles, les hôpitaux, les théâtres, il faut des appareils spéciaux pour assurer le renouvellement de l'air et pour prévenir ces accidents par trop fréquents qu'on a l'habitude de mettre sur le compte de la « chaleur ».

Lorsqu'un gaz toxique se mêle à l'air confiné, les accidents sont bien plus terribles encore.

Le plus redoutable de ces gaz est celui qui se dégage des charbons qui brûlent : c'est l'*asphyxie par la vapeur de charbon*. Il se produit dans ces conditions un gaz, dit *oxyde de carbone*, qui a une affinité très grande pour le globule rouge, plus grande que celle de l'oxygène. Tout globule rouge combiné à l'oxyde de carbone est perdu pour l'organisme, parce que l'oxygène ne peut plus en chasser l'oxyde de carbone, et il va de soi que, si un trop grand nombre de globules rouges sont ainsi chargés d'oxyde de carbone, les tissus et, par suite, l'individu meurent d'asphyxie.

Mal des montagnes. — Chacun sait que la pression de l'air diminue à mesure qu'on s'éloigne de l'écorce terrestre ; autrement dit, l'air est raréfié et la quantité d'oxygène est moindre. Les accidents qui surviennent dans ces milieux à air raréfié s'obser-

vent dans l'*ascension des montagnes* et les *ascensions en ballon* : on leur donne le nom de *mal des montagnes* et *mal des aéronautes*. Il se produit de la gêne respiratoire, de l'essoufflement, des congestions, des hémorragies, des évanouissements suivis trop souvent d'accidents mortels.

Asphyxie brusque. — L'immersion dans l'eau (*noyés*) ou la compression de la trachée et du larynx (*pendus*) donnent lieu à une *asphyxie brusque* : l'air n'arrivant plus au poumon, le sang devient noir et les battements du cœur deviennent moins énergiques et diminuent. Dans ces conditions, il convient, sans tarder, après avoir étendu le malade à terre, de chercher à faire pénétrer de l'air dans le poumon, en pratiquant la *respiration artificielle*. Par une compression lente et énergique qu'on exerce sur la base de la poitrine, on chasse l'air du poumon ; puis on cesse brusquement, pour permettre l'entrée d'une nouvelle portion d'air. On imite et on répète ainsi les mouvements respiratoires. On peut encore pratiquer l'*insufflation*, soit bouche à bouche, soit, s'il est possible, à l'aide d'un soufflet de cuisine, sauf à chasser l'air ensuite par la compression.

APPAREIL URINAIRE

REINS

Les reins (vulgairement *rognons*) sont deux organes en forme de haricot (fig. 40, 10), qui, lorsqu'on a enlevé l'estomac et les intestins, se montrent de chaque côté des deux premières vertèbres lombaires. Ces organes sécrètent l'urine. Le rein droit arrive jusqu'au-dessous du foie, et le rein gauche en arrière de la queue du pancréas et de la rate. La figure 97 montre que, dans l'excavation ou *hile* de chaque rein, se trouvent trois canaux qui aboutissent à cet organe : ce sont, d'avant en arrière, la *veine*, l'*artère rénale* et l'*uretère* (*ouron*, urine, d'où *uretère*). Celui-ci conduit l'urine dans une poche, la *vessie*. Chaque rein ne pèse que 160 grammes environ et il est maintenu en place par une enveloppe *conjonctive*, qui se charge de graisse (*capsule adipeuse*).

Histoire de la structure du rein. — Les anciens pensaient que l'artère et la veine rénales, en se ramifiant dans la substance du rein, lui apportaient l'*eau urineuse*, qui était ensuite emmenée par l'uretère[1]. Vers le milieu du XVIIe siècle, le médecin italien Malpighi étudia le premier attentivement l'organe. Il vit qu'au-dessous de la couche graisseuse et d'une enveloppe fibreuse la substance

1. C'est pour cette raison qu'ils ont donné à ces vaisseaux le nom d'artère et de veine *émulgentes* (*emulgere*, traire, extraire).

du rein présente des aspects différents selon le point examiné (fig. 98) : du côté du hile, se trouve une poche (*e*) appelée ***bassinet*** (petit bassin), d'où part l'uretère; sur le pourtour du hile, la substance du rein paraît fibreuse et striée : c'est la substance ***médullaire*** (*medulla*, moelle) ; sur toute la périphérie, il a un aspect granuleux : c'est la substance *corticale* (*cortex*, écorce). L'examen de la figure 98 montre très bien le contraste qu'offrent ces deux substances.

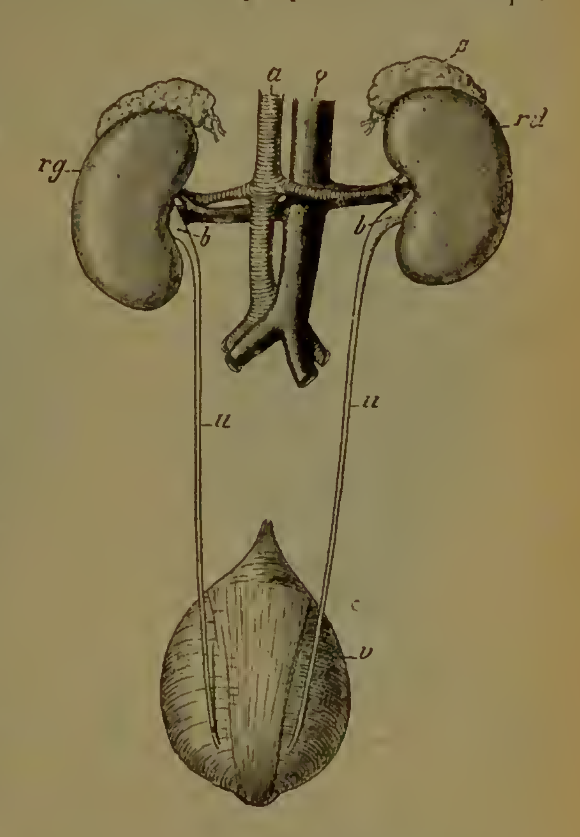


Fig. 97. — Ensemble de l'appareil urinaire vu par la face dorsale.

rg, rein gauche; *rd*, rein droit; *a* aorte et *v*, veine cave inférieure donnant les vaisseaux aux reins; *s*, capsule surrénale; *b*, *b*, bassinets; *u*, uretère; *v*, vessie.

Découvertes de Malpighi et de Bellini. — En étudiant plus attentivement, à la loupe et au microscope, chacune de ces substances, Malpighi constata que la substance médullaire se décompose en une série de masses affectant la forme de pyramides dont le sommet se dirige vers le bassinet, la base vers la substance corticale. Depuis cette époque, on désigne ces masses sous le nom de *pyramides de Malpighi*. Chacune est formée de tubes droits allant de son sommet vers sa base. Ces tubes ont été bien vus, en 1662, par le médecin Bellini, un compatriote de Malpighi : de là le nom de *tubes de Bellini* appliqué aux canaux des pyramides de Malpighi. Le sommet de chaque pyramide proémine dans le bassinet et y forme une saillie, dite *papille rénale* (*papilla*, bouton). Si l'on

presse sur une papille[1], on en voit sourdre, par 10 à 20 orifices, quelques gouttes d'urine; autrement dit, chaque papille figure une pomme d'arrosoir, à chaque orifice duquel se termine un tube de Bellini. Il y a de 10 à 15 pyramides de Malpighi dans chaque rein.

Dans la substance corticale, Malpighi trouva une série de petits corps de 2 dixièmes de millimètre et semblables à des œufs de poisson. Ils sont disposés le long des vaisseaux sanguins : on les appelle *corpuscules de Malpighi* (*a*, fig. 98, B). Ayant vu partir de ces corpuscules des tubes contournés à la façon de petits vers, Malpighi crut que ceux-ci reliaient les corpuscules aux tubes de Bellini.

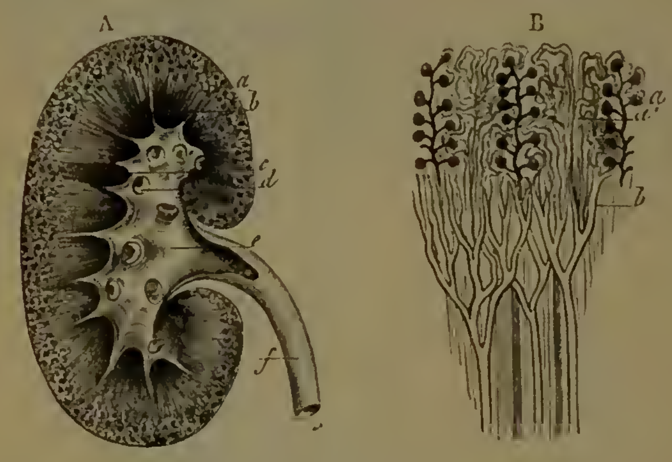


Fig. 98. — Rein.

A, section du rein droit; *a*, substance corticale; *b*, substance médullaire; *c*, papille d'une pyramide de Malpighi; *d*, calice; *e*, bassinet ouvert; *f*, uretère. — B, portion de la substance du rein vue à un faible grossissement; *a*, corpuscule de Malpighi; *a'*, pyramide de Ferrein; *b*, commencement du tube de Bellini.

Il pensa que l'urine était formée par les corpuscules, comme la salive par les grains des glandes salivaires, et qu'elle s'écoulait par les tubes des pyramides.

Bien que ces recherches marquent un progrès considérable, elles sont loin de donner la structure complète du rein. Dès 1690, le médecin hollandais Ruysch montra, en poussant une injection dans l'artère rénale, que l'intérieur du corpuscule de Malpighi était occupé par un peloton de vaisseaux capillaires (Pl. III); d'où le nom de *glomérule* (*glomerulus*, peloton) donné au contenu des corpuscules.

Vaisseaux et glomérules du rein. — Le médecin français Bertin fit voir, en 1744, qu'entre les pyramides de Malpighi se trou-

1. Chaque papille est entourée par un prolongement du bassinet, que l'on appelle *calice* (fig. 98, *d*).

vent, les séparant les unes des autres, des prolongements de la substance corticale : on appelle ces prolongements *colonnes de Bertin*. Dans ces colonnes cheminent les branches de l'artère rénale (*ac*), qui vont se recourber à droite et à gauche et former, à la limite des substances corticale et médullaire, une voûte artérielle, l'*arcade de Bertin* (Pl. III, *ab*). De cette arcade partent les vaisseaux qui vont se ramifier dans les pyramides de Malpighi, et surtout des artérioles plus nombreuses et plus importantes, qui se dirigent dans l'écorce. On nomme ces dernières *artères radiées* (*ad*), parce qu'elles montent dans l'intervalle de faisceaux de tubes rayonnant à partir de la base des pyramides vers la surface du rein. Ces petits faisceaux de tubes (*pF*) ont été signalés par le médecin français Ferrein en 1749; d'où leur nom de *pyramides de Ferrein* (*p F*) et fig. 98, *a'*.



Fig. 99. — Corpuscule de Malpighi et tube urinifère.

a, artère radiée; *b*, *b*, *b*, vaisseaux afférents; *d*, corpuscule de Malpighi; *c*, glomérule qui est visible, parce qu'on a enlevé la capsule; *e*, tube contourné.

La façon dont s'agencent les artères radiées et les pyramides de Ferrein est très remarquable : la figure 98 B montre un segment de la base d'une pyramide de Malpighi, d'où partent deux pyramides de Ferrein. On aperçoit trois artères radiées, alternant avec ces dernières. A droite et à gauche de chaque artère, on voit se détacher un vaisseau dit *afférent*. Ce dernier pénètre dans le corpuscule de Malpighi; ces corpuscules y sont appendus comme « les *pommes aux branches d'un arbre* », selon l'expression imagée de Malpighi (comparer Pl. III, fig. 2).

La figure 3 (Pl. III) montre l'artériole (*a*) entrant dans un corpuscule : on voit dans le corpuscule *g* le vaisseau afférent *a* se diviser en un peloton de vaisseaux capillaires ou *glomérule*, qui se réunissent plus loin pour former un vaisseau *efférent* (*e*) emmenant le sang. Fait très important à noter, le vaisseau efférent n'est pas encore l'origine de la veine rénale ; il se divise et se subdivise dans le tissu du rein pour constituer un réseau capillaire (*rc*) entourant les tubes du rein. De ce second réseau capillaire partent les radicules (*r*) des veines rénales emportant le sang dans la veine cave inférieure (Pl. III).

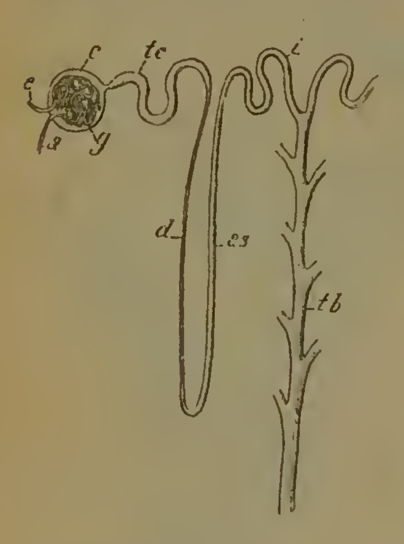


Fig. 100. — Tube urinifère et corpuscule de Malpighi.

g, glomérule ; *c*, capsule ; *a*, vaisseau afférent ; *e*, vaisseau efférent ; *tc*, tube contourné ; *d*, portion descendante ; *as*, portion ascendante de l'anse de Henle ; *i*, tube d'union ; *tb*, tube de Bellini.

Ainsi le sang qui se rend au glomérule passe par deux systèmes capillaires avant d'aller au cœur droit. Cette disposition est comparable à celle de la veine porte. Chaque glomérule vasculaire est entouré d'une poche ou capsule (fig. 100, *c*), qui n'est qu'une dilatation ampullaire de l'extrémité des tubes de la pyramide de Ferrein.

Après les investigations de tous ces médecins, il a fallu plus d'un siècle encore pour montrer comment les canaux des pyramides de Ferrein se continuent d'une part avec le corpuscule de Malpighi et d'autre part avec les tubes de Bellini.

Tube urinifère. — En faisant pénétrer au moyen d'une injection une substance colorée dans ces canaux et en les déroulant, on a pu élucider le trajet compliqué du tube qui conduit l'urine au bassinet ou *tube urinifère*. Ce trajet est le suivant (fig. 100) : A son bout cortical, le tube est dilaté en ampoule autour du glomérule et forme une enveloppe constituée par un double feuillet, qui coiffe le *peloton vasculaire* (*g*) (Pl. III, fig. 2 et 3). Celui-ci y est logé comme la tête dans un bonnet de coton double, c'est-à-dire que l'enveloppe présente un feuillet interne et un feuillet externe. Entre ces deux feuillets, c'est-à-dire entre le glomérule et la capsule, existe un espace qui sur un point se

Dans les trois figures, le *bleu* représente les veines; le *rouge*, les artères et les capillaires; le *jaune*, les voies urinaires.

Fig. 1. — *Section verticale du rein gauche et ses relations avec les vaisseaux sanguins et l'uretère* (grossissement faible).

vc, veine cave; *ao*, aorte; *ae*, artère rénale se divisant en branches interlobaires, qui forment l'arcade de Bertin (*ab*). De celle-ci partent les artères radiées (*ad*).

re, veine rénale suivant les branches de l'artère.

EV, espaces étoilés formés par la réunion des veinules rénales;

gg, glomérules; PM, pyramides de Malpighi; *pF*, pyramides de Ferrein dans la substance corticale (C); *b*, bassinet; *u*, uretère.

Fig. 2. — Une pyramide de Malpighi avec la partie correspondante de la substance corticale (grossissement moyen).

Les lettres ont même signification; de plus, *vp*, artériole allant de l'arcade de Bertin (*ab*) à la pyramide de Malpighi (*PM*);

vb, veine correspondant à l'arcade de Bertin (*ab*);

a' e', *v' e'*, branches interlobaires de l'artère et de la veine rénales (*ae* et *re*);

aH, anse de Henle;

tb, tube de Bellini;

a, vaisseau afférent du glomérule;

e, vaisseau efférent du glomérule;

rc, réseau capillaire général.

Fig. 3. — *Connexions des vaisseaux sanguins et du tube urinifère* (la portion gauche de la figure 2, *a*, *g*, *aH* et *tb*, vue à un grossissement moyen.

ad, artère radiée;

a, vaisseau afférent;

g, glomérule vasculaire;

e, vaisseau efférent;

rc, réseau capillaire général;

v, origine des veines rénales;

tc, tube contourné;

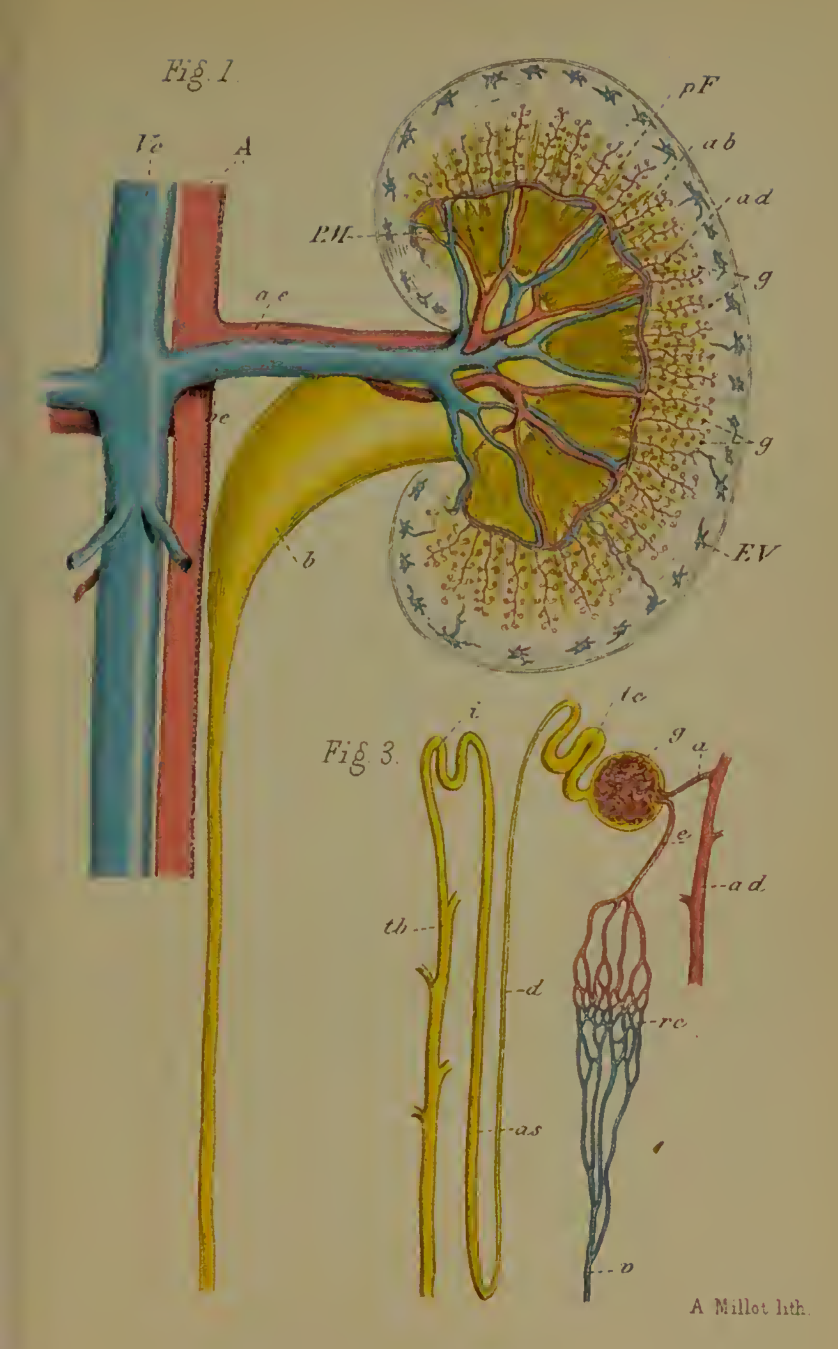
d, portion descendante;

as, portion ascendante de l'anse de Henle;

i, tube d'union;

tb, tube de Bellini.

Planche III.



STRUCTURE DU REIN

Planche III.

Fig. 2.

g
g
EV
a
ad
pF
1
e
rc
vb
ab
pF
tb
vp
PM
aH
a'e'
v'c'
vc
ac

A. Millot lith

STRUCTURE DU REIN

continue avec le tube urinifère. Celui-ci suit d'abord un trajet tortueux : d'où le nom de *tube contourné* (*tc*) donné à cette portion. Puis il s'amincit et descend (en *d*) dans la pyramide de Malpighi (*substance médullaire*). Arrivé à une certaine distance de la papille, il remonte de nouveau (en *as*), en même temps qu'il s'élargit.

Pour déterminer le trajet compliqué de la portion recourbée du tube, il a fallu beaucoup de temps et de patience. Vers le milieu de notre siècle, le médecin allemand Henle a le premier aperçu la portion recourbée, qui a reçu le nom d'*anse de Henle*. Elle est formée d'une *branche descendante* (*d*) à calibre très mince et d'une *branche ascendante* (*as*) d'un diamètre deux à trois fois plus notable (fig. 100).

Parvenu de nouveau dans la substance corticale, le tube se contourne encore (*tube d'union*, *i*) pour aller avec d'autres tubes d'union se brancher sur un tube droit ou de Bellini (*tb*).

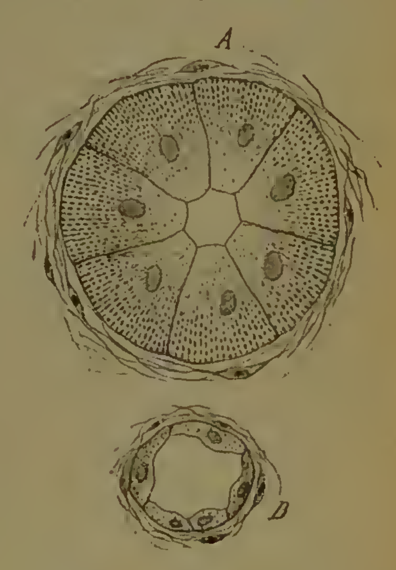


Fig. 101. — Coupe du tube urinifère à un fort grossissement : A, au niveau du tube contourné et de la portion ascendante ; B, au niveau de la portion descendante de l'anse de Henle.

La structure du tube urinifère varie selon le segment que l'on considère : partout il est limité par une membrane transparente qui s'étend depuis la papille jusque sur le corpuscule de Malpighi, dont elle forme la capsule. Dans le corpuscule, elle est tapissée intérieurement par des cellules aplaties semblables à l'endothélium des vaisseaux ; dans le tube contourné, dans la branche ascendante de l'anse et dans le canal d'union, la lumière du conduit est étroite et l'épithélium est cubique, granuleux. Le protoplasma de la cellule épithéliale y présente une série de stries ou de bâtonnets, formés par des granulations mises bout à bout. La coupe A de la figure 101 d'un tube contourné représente cet aspect.

Dans la branche descendante de l'anse de Henle, la lumière du canal est large et l'épithélium aplati (fig. 101, B) comme dans les vaisseaux sanguins. Enfin, dans les tubes de Bellini, l'épithélium est haut et cylindrique.

Ce trajet tortueux donne à chaque tube urinifère une grande

longueur, et, comme ils sont très nombreux, Ferrein avait déjà calculé qu'en plaçant bout à bout les tubes de chaque rein, on aurait une longueur de cinq lieues environ.

FONCTIONS DU REIN

Composition de l'urine. — Un homme adulte élimine de 1200 à 1500 grammes d'urine par jour (1 litre à 1 litre et demi). L'urine est un liquide acide, de couleur jaune-ambré. Un litre d'urine renferme 955 parties d'eau, tenant en dissolution des sels inorganiques, des principes azotés, des substances colorantes et des matières que les chimistes désignent sous le nom de *principes de la série aromatique.*

Les sels inorganiques sont des chlorures, des sulfates et des phosphates *acides* de soude et de magnésie, qui donnent la réaction acide à l'urine. Les principes de la série aromatique sont représentés par l'acide phénique, l'indican, etc. L'acide phénique est combiné aux sulfates et forme les acides conjugués ou phénosulfates. Ces principes résultent de la putréfaction des matières alimentaires dans le tube digestif.

La matière colorante de l'urine (*urobiline*) est un dérivé de la substance de la bile appelée *bilirubine*, qui, nous l'avons vu, est décomposée dans le tube digestif et absorbée de nouveau.

Enfin viennent les principes azotés, qui résultent du dédoublement et de l'oxydation, c'est-à-dire de la désassimilation, des substances albuminoïdes de l'organisme : ils sont représentés par l'urée, l'acide urique, l'acide hippurique, la créatine, la créatinine, etc. Le plus important est l'*urée*, dont on trouve 25 grammes dans les urines de vingt-quatre heures. Une alimentation azotée (viande, etc.) augmente la quantité d'urée : ce qui explique qu'en Angleterre et en Allemagne on en élimine jusqu'à 30 grammes par jour. Une alimentation végétale réduit l'élimination d'urée à 20 grammes pour les vingt-quatre heures. L'urée est un principe de déchet des substances albuminoïdes : sa formule est $CO(AzH^2)^2$; c'est, nous le répétons, un des produits ultimes du dédoublement ou de la décomposition des substances albuminoïdes. La quantité d'urée que renferme l'urine des vingt-quatre heures, mesure, pour ainsi dire, les actes intimes qui ont eu lieu dans l'organisme, et c'est pour cette raison que le dosage de l'urée a une grande importance chez l'homme sain ou malade.

L'urée a été découverte par le pharmacien français Vauquelin, au commencement de ce siècle.

L'urée préexiste dans le sang. — Alors s'est posé le problème de savoir si l'urée se forme dans le rein ou préexiste dans le sang. En 1820, Prévost et Dumas démontrèrent son existence dans le sang. En extirpant les reins à un animal, ils montrèrent que l'urée s'accumule dans le sang et amène bientôt la mort de l'animal.

En 1870, M. Gréhant a confirmé ces faits par des expériences très ingénieuses : en dosant comparativement la quantité d'urée dans le sang qui entre dans le rein par l'artère émulgente, et dans celui qui en sort par la veine, il a prouvé que le sang de la veine rénale contient moins d'urée que celui de l'artère.

Donc l'urée préexiste dans le sang. Le tableau suivant montre que les autres principes de l'urine existent également dans ce liquide.

1000 parties de sang et d'urine renferment comparativement :

	Sang.	Urine.
Eau	900	955
Substances albuminoïdes et fibrine.	90	0
Urée.	0,15	25
Acide urique.	trace	0,50
Chlorure de sodium.	5,50	11
Autres sels inorganiques.	4,35	8,50
	1000,00	1000,00

Tous les principes de l'urine se trouvant dans le sang, mais beaucoup plus dilués que dans l'urine, le rôle du rein se borne à les choisir dans le plasma sanguin et à les en extraire.

Pression du sang dans les glomérules. — Bien que le poids de chaque rein ne soit que de 160 grammes environ, il reçoit une artère dont le calibre est égal à celui de l'artère du bras ou humérale (6 à 7 millimètres de diamètre). Une quantité de sang énorme passe par conséquent par les glomérules de Malpighi. De plus, la pression du sang dans ces pelotons vasculaires est différente de celle des capillaires des autres organes. En effet, nous avons vu qu'au sortir du glomérule le vaisseau efférent se subdivise dans la substance du rein pour former les capillaires auxquels feront suite les veines. C'est par conséquent dans ce dernier système capillaire que nous aurons la pression sanguine équivalente à celle des capillaires en général, à savoir 9 centimètres de mercure (voir p. 109). Comme les capillaires du glomérule sont placés entre l'ar-

tère rénale, où la pression est de 19 centimètres de mercure, et la pression précédente, soit 9 centimètres, le sang du glomérule a une tension de 14 centimètres, intermédiaire entre 19 et 9. Sous l'influence de cette pression plus considérable, la partie aqueuse du sang doit filtrer abondamment et s'écouler dans la capsule du glomérule, puis dans le tube urinifère. En sectionnant la moelle, on dilate les vaisseaux de la peau; le sang afflue dans ces derniers et la pression baisse dans les artères rénales : de ce fait on diminue l'exsudation de l'eau et la quantité d'urine. Le glomérule a donc pour rôle de faire filtrer l'eau du sang et de la faire pénétrer dans le tube urinifère (Pl. III, fig. 5).

Expériences montrant que la sécrétion rénale se fait en deux actes : 1° dans les glomérules; 2° dans le tube urinifère. — Le tube urinifère a pour fonction de soutirer au sang les autres principes de l'urine, c'est-à-dire de choisir les matériaux solides que l'eau, en passant dans le tube, dissout et emporte dans le bassinet.

Voici les expériences qui le prouvent et que nous devons au médecin allemand Heidenhain : Cet auteur injecte dans le sang d'un chien, d'un lapin, etc., une solution de substance colorée appelée *carmin d'indigo* (sulfate de soude et indigo). Il constate alors que le sang de la veine rénale renferme moins de matière colorante que celui de l'artère. En regardant, quelques heures après, les tubes urinifères, il les voit colorés, tandis que les glomérules ne présentent pas trace de matière colorante.

Sur un autre animal, il fait la section du bulbe, comme nous l'avons dit plus haut, et il injecte le carmin d'indigo dans le sang : l'exsudation est nulle au niveau des glomérules, tandis que les cellules épithéliales des tubes contournés et de la branche ascendante de l'anse de Henle sont remplies de grains de carmin d'indigo.

On a répété ces expériences sur des batraciens (tritons) et l'on est arrivé aux mêmes résultats. On a lié d'autre part les uretères des oiseaux, dont l'urine contient beaucoup d'urates et l'on n'a trouvé de cristaux d'urate que dans les tubes urinifères, et non dans les glomérules.

Tous ces faits montrent que les cellules épithéliales du tube urinifère exercent une action spéciale sur le sang qui traverse le rein : elles y choisissent, par une activité et un travail protoplasmique particuliers, les principes solides de l'urine.

Les lésions et la perte de cet épithélium, à la suite de certaines maladies, amènent des désordres très graves et la mort à brève échéance.

En résumé, il y a deux actes dans l'élaboration de l'urine : 1° un *acte glomérulaire*, qui est un fait d'exsudation, et 2° un *acte tubulaire*, qui est un choix cellulaire.

A chacun de ces actes semble répondre un réseau capillaire spécial : à l'acte glomérulaire correspond le système à haute pression du corpuscule de Malpighi; à l'acte tubulaire correspond le système capillaire général du rein, à basse pression (Pl. III, fig. 5).

L'urine des mammifères a une composition variable selon le régime. L'urine des *carnivores* ressemble à celle de l'homme et est acide; celle des *herbivores* est trouble, comme celle du cheval (*urines jumenteuses*) et elle est alcaline. Mais il est possible de la rendre acide, comme l'a montré Cl. Bernard : lorsqu'on fait jeûner un lapin pendant deux ou trois jours, son urine devient claire et acide, parce qu'il s'est nourri pendant ce temps aux dépens de son propre sang. *Il est devenu carnivore.*

Excrétion de l'urine. — L'urine, ainsi produite dans les tubes urinifères, est poussée par les nouvelles quantités de ce liquide, qui se forment derrière elle, jusque dans le bassinet. De chaque rein part un canal unique, l'*uretère*, gros comme une plume d'oie. Il descend de la région lombaire jusque dans le bassin et il conduit l'urine dans la *vessie* (fig. 97). Celle-ci est située dans le bassin, entre le rectum et le pubis : c'est une poche musculaire, revêtue intérieurement d'un épithélium stratifié, qui empêche l'absorption. L'urine y arrive goutte à goutte; elle s'y accumule, pendant que la vessie se laisse distendre. Quand cette poche est pleine, elle détermine une sensation particulière, qui est le *besoin d'uriner.*

CHALEUR ANIMALE

Chacun sait que nous possédons une chaleur naturelle, et propre à notre corps; dès la naissance nous l'avons eue, et elle continue à se maintenir jusqu'à l'extrême vieillesse, malgré le changement des saisons. On lui donne le nom de *chaleur animale*. Quand nous touchons un chien, un cheval, un lapin, etc., ces animaux produisent sur nous une impression de chaleur, et semblent nous donner, en retour de la chaleur que notre main leur communique, une quantité plus forte de calorique. Si nous répétons cette observation sur un coq, un pigeon, un oiseau quelconque, nous ressentons une impression de chaleur plus vive encore.

Dès la plus haute antiquité, on avait constaté les faits précédents; de plus, on avait reconnu que le sang qui sort d'une blessure est

chaud, et que, lorsqu'un homme, un chien ou un bœuf, en perd une grande quantité, il se refroidit. La chaleur de ces animaux réside donc dans le sang : ce sont des *animaux à sang chaud.*

En prenant au contraire une grenouille dans l'herbe ou un poisson dans l'eau, chacun a ressenti une sensation de froid. Le hanneton, le colimaçon, l'étoile de mer produisent cette même impression. Aussi a-t-on rangé tous ces êtres dans un groupe que l'on oppose aux animaux à sang chaud et qui porte le nom d'*animaux à sang froid.*

Pendant toute l'antiquité et le moyen âge, on s'est contenté de cette constatation grossière; c'est seulement au XVII[e] siècle que des médecins, contemporains de Harvey, ont essayé de savoir quelle est la quantité, le degré de cette chaleur, aussi bien chez l'homme sain que chez les malades. Ils se sont, à cet effet, servis de l'instrument de précision qu'on venait d'inventer et qui est le *thermomètre* (*thermos*, chaud; *métron*, mesure).

« Ce *n'est pas par le sentiment* qu'on apprécie la chaleur », disait le médecin français Sénac, dans la première moitié du XVIII[e] siècle. Des observations multiples, faites aussi bien dans notre climat que dans les régions froides et dans les contrées intertropicales, ont prouvé que l'homme *sain* a partout une température de 37°. Chacun peut s'assurer de ce fait en plaçant un thermomètre pendant un quart d'heure sous l'aisselle.

Animaux à température variable et à température constante. — Les autres mammifères ont une température un peu plus élevée que l'homme; en effet, le chien, le lapin, le cobaye, la souris, le veau, le bœuf, le porc, etc., ont une température de 39°. Le cheval et le singe ont une température intermédiaire entre celle de l'homme et des animaux que nous venons de citer; leur température est de 38°.

« En comparant, dit M. Ch. Richet, cette température (celle de l'homme) à celle des animaux, on verra ce phénomène étrange que l'homme a 2° de moins que les autres mammifères — le singe et le cheval exceptés — et qu'il constitue à ce point de vue, dans la nature, une remarquable exception. »

Les oiseaux ont une température plus élevée que les mammifères : elle est de 42° chez le canard, de 42° et demi chez la poule, le faisan, le pigeon. D'autres oiseaux, le moineau, le corbeau, le perroquet, ont une température voisine de celle des précédents, dépassant constamment 40°. En somme, les oiseaux ont une température supérieure de plusieurs degrés à celle des mammifères.

Les autres vertébrés (reptiles, batraciens, poissons), pas plus que les mollusques, insectes, etc., n'atteignent ce degré de tempé-

rature *dans les conditions ordinaires* : ce sont les *animaux à sang froid*. Cette expression n'est cependant pas bien juste. En effet, on a observé sur un certain nombre de ces animaux une température supérieure à celle des mammifères : un serpent boa, par exemple, enroulé sur ses œufs, qu'il couvait, dans un petit local du Muséum, marquait une température de 41°,5. M. Ch. Richet a fait pendant huit jours vivre des tortues dans une étuve maintenue à 38° et à 39° : les organes de ces reptiles atteignaient le même degré de température. On a remarqué de même que certains poissons, des insectes et d'autres invertébrés peuvent vivre à ces hautes températures : celle des magnaneries, d'un essaim d'abeilles, est de 40°. Les vers parasites, qui vivent dans l'intestin des mammifères et des oiseaux, sont à une température de 37 à 45°.

C'est en tenant compte de ces faits qu'on a donné aux animaux à sang froid le nom plus exact d'*animaux à température variable*, tandis qu'on a appelé avec plus de raison les mammifères et les oiseaux des *animaux à température constante*. Les tissus des animaux à sang chaud et ceux des animaux à sang froid se comportent d'une façon différente sous l'influence du froid : on met des crapauds ou des grenouilles dans de l'eau, qu'on fait congeler, de façon à transformer le tout en un bloc de glace. Toutes les parties du corps de ces bêtes deviennent dures, inflexibles et cassantes comme du verre ; mais, dès qu'on les place dans de l'eau tiède, elles recouvrent la flexibilité de leurs membres, et, à mesure que les glaçons fondent, elles reviennent à la vie et se mettent à nager dans l'eau. Certains poissons supportent les mêmes variations de température. Voilà donc des animaux à température variable, dont les tissus résistent à l'action du froid et de la congélation.

Il n'en est pas de même des animaux à température constante. Des lapins qu'on refroidit de façon que tout leur corps marque une température de 16 à 18° au-dessus de zéro périssent à peu près infailliblement.

Les expéditions dans les régions polaires nous ont appris que l'homme, lorsqu'il s'endort, subit les effets de ce refroidissement, et ne se réveille plus si on ne le réchauffe point par des moyens énergiques et soutenus.

Animaux hibernants. — Il y a cependant des exceptions parmi les animaux à sang chaud. Tels sont la chauve-souris, le hérisson, la marmotte, le loir et quelques autres mammifères : à l'approche du froid, ces animaux s'engourdissent et semblent dormir tout l'hiver. C'est l'état du *sommeil hivernal* ou *hibernation* (*hibernalis*, de l'hiver). Des observations répétées sur les marmottes séquestrées ont montré que ces animaux, qui à l'état de veille ont une

température de 37°, subissent au moment de l'engourdissement un abaissement notable de température. Dès que le sommeil est complet, la température du corps de l'animal se rapproche de la température du milieu ambiant. Lorsque celle-ci est de 7° par exemple, la température de l'animal est de 8 à 9° au-dessus de zéro.

En même temps, la marmotte ne respire que trois ou quatre fois par minute ; les battements du cœur sont proportionnellement ralentis. Mais, dès que l'animal se réveille, la respiration et la circulation reprennent et la température remonte très vite à 37°. Les phénomènes nutritifs redeviennent alors des plus actifs, ainsi que la combustion et l'usure organiques : la marmotte, dormant pendant des mois, maigrit, il est vrai, mais supporte bien ce jeûne prolongé. Si, au contraire, à son réveil, on la prive, durant douze ou vingt-quatre heures, de nourriture, elle meurt infailliblement.

Origine de la chaleur animale. — Avant la découverte de la circulation, les anciens admettaient, avec Hippocrate, que la chaleur, dans le corps humain, commençait avec la vie, variait dans les maladies et disparaissait avec la mort. Galien enseignait que la chaleur venait du cœur, dont le mouvement aurait été inné, de sorte que la *chaleur était innée.*

Après la découverte de la circulation, on supposa que le frottement du sang contre les parois des vaisseaux était la cause principale de la chaleur. Lorsque le mouvement du sang est augmenté, comme dans la fièvre, disait-on, la chaleur du corps est elle-même plus forte.

D'autres admettaient la fermentation du sang comme cause de la chaleur.

Enfin vint Lavoisier (1777). Nous avons déjà dit (p. 159) comment il établit que l'acide carbonique se forme par la combinaison de l'oxygène avec le charbon et que cette combinaison est accompagnée d'un dégagement de chaleur. Partant de ce fait, il arriva à la *théorie de la chaleur par la respiration* : « L'air pur, dit-il, en passant par le poumon, éprouve une décomposition analogue à celle qui a lieu dans la combustion du charbon ; or, dans la combustion du charbon, il y a dégagement de matière du feu ; donc il doit y avoir également dégagement de matière du feu dans le poumon, dans l'intervalle de l'inspiration à l'expiration, et c'est cette matière du feu sans doute qui, se distribuant avec le sang dans toute l'économie, y entretient une chaleur constante. »

En 1780, Lavoisier et Laplace se proposèrent d'estimer la quantité de chaleur dégagée par l'animal. Ils enfermèrent un cochon d'Inde dans une boîte entourée de glace (*calorimètre à glace*) et déterminèrent le volume d'acide carbonique dégagé par l'animal. En notant la quantité d'eau fondue pendant ce temps par la chaleur du

corps de l'animal et la comparant à celle que produit la combustion d'un morceau de charbon, ils trouvèrent que dans les deux cas le volume d'acide carbonique dégagé était à peu près le même.

« On peut, conclurent-ils, regarder la *chaleur* qui se dégage, dans le changement de l'air pur en air fixe par la respiration, comme la cause principale de la conservation de la chaleur animale ; et, si d'autres causes concourent à l'entretenir, leur effet est peu considérable. La respiration est donc une combustion, à la vérité fort lente.... La chaleur animale est due, au moins en grande partie, à la chaleur que produit la combinaison de l'air pur, respiré par les animaux, avec la base de l'air fixe (carbone) que le sang lui fournit. »

La chaleur animale est donc le résultat des combustions qui ont lieu dans le corps.

Lieu de production de la chaleur animale. — Mais où se fait cette combinaison de l'oxygène avec les corps hydrocarbonés? Pour établir où se produit la chaleur, on place des escargots ou des grenouilles dans des gaz tels que l'azote ou l'hydrogène. Ces animaux, bien que n'absorbant plus d'oxygène, n'en continuent pas moins à dégager de l'acide carbonique. Comme l'oxygène leur manque pendant l'expérience, il est tout naturel d'admettre que l'acide carbonique s'est produit dans les tissus, qu'il a été amené par le sang noir au poumon, où il se dégage.

D'autres faits viennent confirmer le précédent : c'est dans l'intimité des tissus de l'organisme que se font les actes chimiques produisant la chaleur animale. Je n'en cite que quelques-uns. Si, à l'exemple de Paul Bert, on place les muscles, le cerveau, le rein, la rate, etc., d'un chien ou d'une tortue qui viennent d'être sacrifiés dans des éprouvettes pleines d'air, ils respirent et dégagent de l'acide carbonique. Respirant, après avoir été séparés de l'animal, ces tissus respirent de même et, certes plus énergiquement, pendant la vie.

Nous savons que la digestion amène au sang les matériaux de construction et de réparation nécessaires à l'organisme. Quand ces matériaux (carbone, hydrogène, azote, etc.) arrivent au contact des cellules et des fibres, que celles-ci s'en emparent pour les convertir en leur propre substance par l'*acte* dit *d'assimilation*, il est infiniment probable qu'il y a des actes chimiques qui y président. Enfin l'oxygène de l'air inspiré use nos tissus en les décomposant et en les brûlant (*désassimilation*) ; il les transforme en corps dont les termes ultimes, l'acide carbonique et l'urée, nous sont connus : nous saisissons les analogies de ces actes avec la combustion du carbone et de l'hydrogène, mais nous ignorons

quelles sont les réactions qui se produisent dans ces phénomènes, les plus intimes de la vie.

En analysant le sang qui sort d'un muscle, on y trouve beaucoup plus d'acide carbonique quand il se contracte que lorsqu'il est au repos; il contient en outre de l'acide lactique. Dans les glandes il se passe des phénomènes plus complexes encore : le sang qui sort d'une glande en train de sécréter est plus abondant et *plus rouge* que dans la glande à l'état de repos; en même temps, il est plus chaud.

Je me borne à ces deux exemples, qui établissent que tout fonctionnement organique s'accompagne de la production d'acide carbonique et d'autres composés, en même temps qu'il y a échauffement du sang traversant l'organe.

En se fixant sur le globule rouge, l'oxygène dégage déjà un peu de chaleur dans le poumon (p. 141); mais c'est surtout dans l'intimité des tissus, en dehors du système circulatoire, que se passent les phénomènes essentiels de composition et de décomposition des éléments organiques donnant lieu à la chaleur animale.

Les faits qui le démontrent d'une façon péremptoire sont les suivants : Le sang qui sort des glandes telles que le foie, ou des masses musculaires en activité, est plus chaud que le sang qui y arrive. Ce dernier a la même température dans toutes les artères, les causes de refroidissement étant écartées.

Cette chaleur sert donc à maintenir notre corps à une température constante de 37°; elle est nécessaire au fonctionnement des organes, et surtout à celui du système nerveux.

Par la respiration, l'animal introduit dans son corps de l'oxygène et rejette de l'eau et de l'acide carbonique. Ceux-ci proviennent de l'action de l'oxygène sur le carbone et l'hydrogène des tissus. Il y a donc usure incessante des matériaux qui constituent le corps de l'animal, en même temps qu'il y a production de chaleur. On a calculé qu'un homme adulte absorbe par an plus de *trois cents* kilogrammes d'oxygène, qui, loin d'augmenter la masse du corps, ne servent qu'à la diminuer en oxydant les tissus. Notre corps finirait donc par se détruire, comme une bougie, si les aliments apportés du dehors ne venaient compenser incessamment les pertes que subit l'organisme.

Après avoir été soumis aux actes préparatoires de la digestion et de l'absorption, les aliments passent dans le sang : tout élément qui deviendra tissu chez l'adulte doit avoir été préalablement liquide sanguin. Celui-ci contient tous les éléments nécessaires à la formation des tissus et des liquides de l'organisme.

Assimilation. — Désassimilation. — Les cellules et les fibres

empruntent ainsi à tout moment à la lymphe et au sang les substances qu'elles fixent et transforment en leurs propres éléments : on appelle cet acte *assimilation*. Puis les cellules et les fibres abandonnent à la lymphe et au sang les principes résultant du dédoublement ou de l'oxydation qu'elles subissent : ce second ordre de phénomènes porte le nom de *désassimilation*.

Ces métamorphoses consistant en actes de formation et de destruction sont dominées par un phénomène remarquable : en effet, malgré ce mouvement d'assimilation et de désassimilation, que Cuvier désignait par le nom de *tourbillon vital*, le protoplasma du mammifère, de l'oiseau, du reptile, du batracien, du poisson ou de l'invertébré continue à présenter les propriétés et les caractères des parents. Bien que soumises à un renouvellement incessant, les cellules qui dérivent de l'ovule d'un oiseau ou d'une grenouille se disposent selon le plan et l'ordre du groupe auquel ces êtres appartiennent; elles conservent la composition de celles des parents et édifient un organisme semblable. Le protoplasma modifie donc d'une façon spécifique les aliments avant d'en faire des parties intégrantes du corps.

Chez l'embryon et le jeune être, l'assimilation l'emporte considérablement sur la désassimilation : d'où la *croissance*. Plus tard, chez l'adulte la nutrition persiste, mais il y a, pour ainsi dire, *équilibre* entre l'entrée et la sortie des substances. Enfin chez le vieillard, la désassimilation l'emporte sur l'assimilation et conduit fatalement à la cessation des actes nutritifs, c'est-à-dire à la *mort*.

NUTRITION

Réserves nutritives. — Les substances qui sont introduites dans l'organisme par la digestion ne sont pas immédiatement employées à former des tissus ou à être brûlées. Il y en a qui s'accumulent dans certains organes, y subissent des transformations et constituent une *réserve nutritive*.

Glycogène. — Le premier exemple à rappeler est le glycogène du foie. Nous avons vu (p. 75) que cette glande, placée sur le trajet du sang qui vient d'absorber les albuminoïdes et les hydrates de carbone de la digestion, s'empare de la plus grande partie des matières sucrées, les déshydrate et les accumule dans ses cellules sous forme de glycogène. Le foie les tient ainsi en réserve jusqu'au moment où l'organisme en a besoin, et alors ces matériaux, quittant cet organe à l'état de sucre, sont répandus par le sang dans les diverses parties du corps. La preuve de cette fonction nous est donnée par tous les états maladifs du foie dans lesquels cette glande, ayant perdu ses cellules, ne peut plus retenir et transformer les sucres absorbés : ceux-ci passent alors en quantité trop forte dans le sang et sont éliminés par l'urine (*diabète*).

Graisses. — D'autres réserves se produisent dans d'autres tissus et d'autres organes : le dépôt de graisse dans le tissu conjonctif nous en fournit un nouvel exemple.

Sous l'influence d'une bonne alimentation, la nutrition s'accélère et l'assimilation peut même, chez l'adulte, l'emporter sur la désassimilation. Le protoplasma de certaines cellules du tissu conjonctif élabore de la graisse. A la température du corps cette graisse se présente sous la forme d'une huile transparente et réfringente qui se dépose dans le protoplasma. En augmentant de nombre et de dimensions, les gouttelettes graisseuses arrivent à se toucher et à se confondre en une seule goutte qui refoule le noyau et remplit toute la membrane cellulaire. C'est là la *cellule adipeuse* (*adeps*, graisse). A la suite d'une alimentation insuffisante, de l'abstinence ou des maladies, l'organisme reprend cette graisse accumulée dans les organes, et la cellule adipeuse se vide, de telle sorte qu'elle n'est plus constituée que par une membrane chiffonnée contenant un noyau.

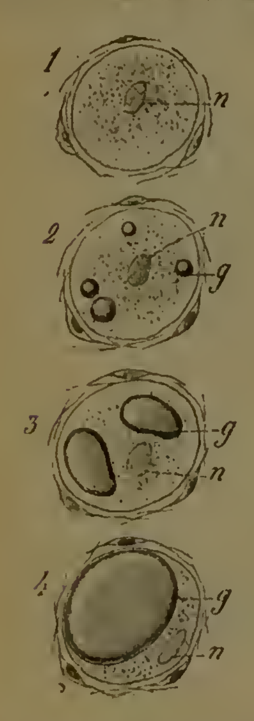


Fig. 102. — Mode de formation de la graisse.

1, Cellule conjonctive avec son noyau (*n*). — 2. Le protoplasma montre des corpuscules graisseux (*g*). — 3. Ceux-ci sont plus volumineux après s'être réunis. — 4. De plus en plus volumineux, ils ont conflué en une seule goutte (*g*).

Les tissus font un véritable choix parmi les substances que le sang leur amène. Malgré la forme de *glande* en grappe que possèdent au même titre les glandes salivaires et le pancréas, les premières préparent un produit de sécrétion dont la composition et l'action diffèrent du liquide pancréatique. Les glandes en tube de l'estomac élaborent un liquide acide dont la composition est tout autre que celui des glandes en tube de l'intestin. Nous verrons que l'os attire à lui la plupart des sels de chaux ; nous savons que le globule rouge du sang, baigné de tous côtés par le plasma riche en sels de soude, choisit et assimile les sels de potasse.

Ces exemples suffisent pour établir que le protoplasma de chaque espèce d'éléments fait preuve, en s'assimilant les substances nutritives, de *propriétés d'élection*. En vertu de ces faits, nous pouvons conclure que l'assimilation n'est pas un phénomène de diffusion ou d'osmose : c'est un choix spécial fait par le *protoplasma vivant*. C'est un acte qui rappelle ce qui se passe dans le globule rouge du sang au point de vue de son affinité pour l'oxygène.

Tel est l'ensemble des phénomènes que subissent les substances alimentaires préparées par le tube digestif et amenées par le sang.

Aliments. — Nous avons vu (p. 17) que les aliments se divisent en : 1° substances albuminoïdes ; 2° hydrates de carbone (féculents et sucres) ; 3° graisses ; 4° éléments minéraux.

Tous les tissus du corps sont en grande partie formés d'albuminoïdes. Les aliments azotés jouent donc un rôle prépondérant dans la formation et le renouvellement des éléments ; on les a appelés, pour ce motif, *aliments plastiques* (*plasticos*, qui modèle), en les opposant aux hydrates de carbone et aux graisses. Pendant longtemps on a cru que ce dernier groupe (aliments non azotés), décom-

posé complètement en eau et en acide carbonique par la combustion, produisait seul la *chaleur animale* : d'où le nom d'*aliments respiratoires*. On sait aujourd'hui que cette division des aliments *plastiques* et *respiratoires* n'est pas exacte ; en effet, 1° les albuminoïdes subissent également des transformations ; 2° la chaleur animale ne dépend pas uniquement des métamorphoses des aliments non azotés ; 3° ceux-ci jouent aussi bien que les azotés un rôle plastique.

Ces deux sortes d'aliments sont également nécessaires. Quelques exemples le prouvent : une oie nourrie exclusivement de blanc d'œuf meurt au bout de 10 jours environ ; des chiens mis à un régime exclusif de fibrine ou de gélatine succombent. Le même sort atteint les animaux nourris uniquement d'hydrates de carbone et de graisses. L'addition des sels inorganiques aux albuminoïdes ou aux hydrates de carbone ou aux graisses n'empêche pas l'animal de périr.

Pour entretenir la vie, l'alimentation doit comprendre un mélange d'albuminoïdes, d'hydrates de carbone, de graisses et de principes minéraux.

Lait. — En examinant les aliments simples dont l'homme fait usage, on en trouve peu qui réunissent à la fois les quatre groupes précédents de matières dans les rapports nécessaires à la nutrition. Cependant l'organisme de la mère fournit au jeune mammifère un aliment *complet* ou *parfait* : j'ai nommé le *lait*. Les albuminoïdes, le sucre, la graisse et les sels y sont associés dans les proportions favorables pour la nutrition et le développement du jeune être. Le lait est même l'aliment indispensable des nouveau-nés de tous les mammifères. Ceux-ci sont pourvus, à cet effet, d'un organe spécial, dit la mamelle, d'où le nom de *mammifères* (*mamma*, mamelle ; *fero*, je porte). Aucun autre aliment ne peut remplacer le lait à cet âge. Faute de lait, le nouveau-né devient maladif et rachitique. Le lait de nourrice renferme pour 1000 parties, outre le liquide aqueux ou sérum semblable à celui du sang : 1° 25 grammes de graisse ; 2° 40 grammes de substance albuminoïde (celle-ci se distingue de la plupart des albuminoïdes en ce qu'elle n'est pas coagulable par la chaleur ; c'est la *caséine*) ; 3° 10 grammes de sucre, le *sucre de lait* ou *lactose* ; 4° 20 grammes de sels minéraux, représentés par des chlorures, des phosphates et des carbonates. Il est à remarquer que les sels de potasse y sont plus abondants que ceux de soude et que les phosphates de chaux y sont en grande quantité, ce qui explique l'influence si favorable du lait sur le développement de l'os et du squelette.

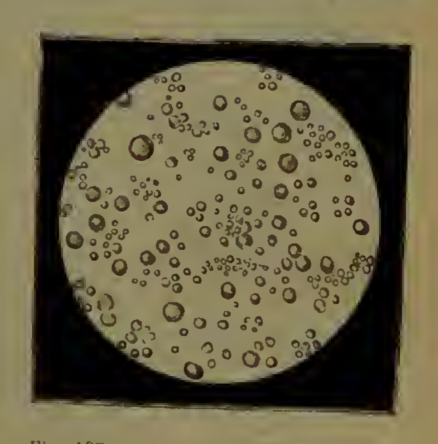


Fig. 103. — Lait vu au microscope et rempli de corpuscules graisseux.

Le lait des quadrupèdes domestiques continue à jouer un rôle important dans l'alimentation de l'adulte. Le lait, examiné à un grossissement convenable (fig. 103), se montre formé d'un liquide ou sérosité, dans lequel nagent une quantité infinie de petits globules brillants, de nature graisseuse : ce sont les *corpuscules graisseux*, dont le volume varie de 0mm,001 à 0mm,01. Si le lait paraît blanc, c'est que ces corpuscules réfringents sont répartis d'une façon égale dans tout le liquide ; on donne le nom d'*émulsion* à une solution où la graisse est réduite à des particules très fines répandues dans toute la masse. Le lait est une *émulsion*

naturelle. En laissant reposer le lait, les globules graisseux montent et forment une couche supérieure, la *crème* : il suffit d'agglutiner, par le battage, les corpuscules qui se fusionnent, pour avoir le *beurre*. Dans le lait ainsi *écrémé*, il reste la caséine, le sucre de lait, l'eau et les sels. Le lait au repos, dans un endroit frais, se prend en un caillot ; cette coagulation est due à l'action d'organismes inférieurs, dits *microbes*, qui décomposent le sucre de lait ; le lait s'aigrit par la production de l'acide lactique. Il suffit de faire bouillir le lait pour l'empêcher de se coaguler. La caséine, en se coagulant, englobe les globules graisseux et ces deux principes forment le *fromage* (*caseus* en latin). Ce qui reste est le sérum du lait ou *petit-lait*, qui contient les sels et le sucre du lait.

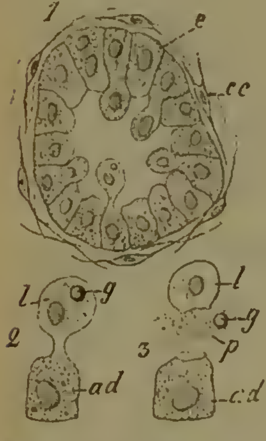


Fig. 104. — Mode de formation du lait.

1, section d'un cul-de-sac de la glande mammaire ; *ec*, enveloppe conjonctive ; *e*, cellules épithéliales. — 2, cellule épithéliale s'étranglant en une portion adhérente (*ad*) et une portion libre (*l*) renfermant un corpuscule graisseux (*g*). — 3. *ad*, portion adhérente ; *l*, portion libre subissant la fonte (*p*).

Au point de vue des actes intimes qui se passent dans le corps, la formation du lait est un exemple remarquable d'élaboration des cellules glandulaires. Le lait est en effet un produit de sécrétion des mamelles. Celles-ci sont des glandes en grappe, construites à peu près sur le même type que les glandes salivaires (voir p. 26). Sur une glande en lactation, on voit les culs-de-sac glandulaires, dont la figure 104, 1, montre une section, présenter un revêtement épithélial très haut. Les cellules épithéliales ont toutes un noyau qui se divise. La plupart des cellules sont alors formées d'une masse de protoplasma à deux ou trois noyaux. Les choses étant en cet état, la partie libre ou interne de la cellule (1 et 2) s'allonge de plus en plus et s'étrangle à l'endroit où elle se continue avec la partie adhérente ou externe. En même temps, on voit le protoplasma de la partie libre se remplir de globules graisseux ; peu à peu cette partie interne s'étire de plus en plus et se sépare de la portion adhérente. Le protoplasma de la partie séparée (*l*) subit une fonte (*p*) qui le transforme en un liquide au sein duquel nagent les globules graisseux. Tel est le mode de formation du lait, qui est le résultat du travail de la cellule, car ni la caséine, ni le sucre de lait, ni la graisse, ni les sels n'existent dans le sang sous la forme et dans les proportions où nous les trouvons dans le lait.

On voit que dans le lait la caséine remplace les substances azotées de la chair des animaux. De même, plus tard, l'homme tire les principes azotés de sources variées. De nombreux travailleurs (paysans, ouvriers) ne mangent guère de viande, mais ils se nourrissent de pain, de fromage, etc., qui contiennent des matières azotées. Nos bêtes de somme, qui fournissent un travail musculaire souvent énorme, ingèrent des substances albuminoïdes en mangeant de l'herbe, de l'avoine, etc.

Inanition et engraissement. — Lorsqu'on prive un animal de toute nourriture, il perd constamment de son poids, et, comme il continue jusqu'à la mort à excréter de l'eau, de l'acide carbonique et de l'urée, il est obligé de vivre aux dépens de ses propres tissus (chair et graisse). Il meurt enfin d'*inanition* (*inanis*, vide, affamé).

Lorsqu'on nourrit un animal de peu de substances azotées et de beaucoup de corps gras et d'hydrates de carbone, la quantité des matières excrétées devient

plus faible ; les métamorphoses diminuent dans les tissus. Ceux-ci se chargent de corps gras, et l'on voit augmenter la masse musculaire : c'est dans ces conditions que s'obtient l'engraissement du bétail.

Une alimentation qui renferme surtout de la viande sans graisse et sans hydrates de carbone amène une élimination considérable d'urée, sans qu'il se fixe beaucoup d'albuminoïdes dans les tissus.

L'ingestion des aliments gras ou des hydrates de carbone diminue la perte des substances albuminoïdes du corps et favorise le développement de l'albumine dans l'organisme.

Telle est la part qui revient aux diverses sortes d'aliments dans la nutrition. Mais l'oxygène inspiré exerce à son tour son influence sur l'assimilation et la désassimilation. Sans nous arrêter aux états intermédiaires qui existent entre les tissus d'une part, l'eau, l'acide carbonique et l'urée d'autre part, nous savons que l'oxygène brûle nos éléments. Plus la consommation d'oxygène est forte, plus il se produit de chaleur et de matériaux de déchet, plus est grand le besoin de remplacer les pertes.

L'enfant, par exemple, qui respire plus activement, sent le besoin de se nourrir plus souvent et d'une manière plus substantielle que l'adulte. L'oiseau, dont la respiration est très active, meurt après trois jours de privation d'aliments, tandis que le reptile, dont la respiration est peu active, peut vivre au delà de trois mois sans nourriture.

Le mouvement et les efforts musculaires augmentent la consommation d'oxygène et précipitent l'usure des tissus. Une alimentation insuffisante ne permet pas la durée de grands efforts musculaires.

Les pertes de chaleur amènent un résultat semblable à celui du travail musculaire : un besoin plus grand de nourriture. Une alimentation substantielle et abondante est plus nécessaire aux habitants des régions froides qu'à ceux des pays chauds.

Les échanges gazeux subissent des variations sous l'influence du repos ou du travail musculaire : pendant son sommeil, un animal absorbe deux fois plus d'oxygène qu'à l'état de veille et d'activité. Mais pendant le sommeil il exhale moins d'acide carbonique que lorsqu'il se livre à des exercices musculaires.

Liqueurs fermentées. Alcool, absinthe, café, thé. — Il nous reste à dire quelques mots des liqueurs fermentées employées comme boissons dans les différents pays du monde : le vin, la bière, le cidre, le poiré, le koumis, etc.

La base de toutes ces liqueurs est constituée par un corps dit *alcool*. Celui-ci résulte de l'association de l'eau avec un hydrocarbure, éminemment combustible ; sa formule chimique est $C^2 H^6 O$. On obtient l'alcool en distillant les liqueurs précédentes ou bien on le retire des substances amylacées et féculentes (fruits, pommes de terre, grains), et alors il porte le nom d'*eau-de-vie*.

Ajoutons que dans ces liqueurs on trouve d'autres substances qui sont associées à l'alcool ; dans le vin, par exemple, il y a des éthers, des parfums, des huiles essentielles auxquelles il doit son *bouquet* ; on y trouve, de plus, du tannin, des matières colorantes, de la crème de tartre, des bases, des acides, etc.

On a cru que l'alcool ne faisait que passer à travers le corps pour être éliminé en nature : il n'agirait donc sur les tissus que par sa seule présence ; il ne serait pas un véritable aliment. Il n'en est rien. Des recherches rigoureuses ont montré qu'une petite quantité d'alcool est éliminée par l'air expiré et les urines, mais que la plus grande partie de l'alcool, brûlée et détruite dans le corps, est convertie en eau et acide carbonique. L'alcool est donc un *véritable aliment.*

L'alcool *pris à doses très modérées* semble faciliter le travail de la digestion, active la circulation sanguine, produit des inspirations plus nombreuses et plus amples ; mais l'effet le plus remarquable est celui qu'il exerce sur le système nerveux. A l'ingestion d'une *dose modérée* d'alcool succède rapidement une exci-

tation du cerveau et des muscles, avec disparition ou diminution notable de la fatigue cérébrale et musculaire.

Dans ces conditions, l'alcool exerce donc une action stimulante sur les éléments du système nerveux; la partie qui est brûlée dans le corps augmente la chaleur animale. Aussi l'a-t-on appelé, à juste titre, *eau-de-vie*.

Quant à l'autre partie, elle serait fixée dans les tissus, qu'elle servirait à réparer.

Telle est l'action *physiologique* de l'alcool, quand il est ingéré à doses minimes et à l'état de liqueur de bonne qualité. A *hautes doses*, il s'accumule dans le sang et les organes et produit les phénomènes de l'ivresse. Si l'ingestion à haute dose se répète et devient habituelle, la plupart des organes s'altèrent sous l'influence de l'alcool, devenu un véritable poison; les systèmes nerveux et musculaire surtout sont atteints et conduisent au tremblement, aux attaques de convulsion, à l'affaiblissement des facultés cérébrales et musculaires, ainsi qu'à l'abrutissement.

Il est bon de faire remarquer que l'*alcool d'industrie*, contenant des substances nuisibles, amène beaucoup plus promptement ces effets désastreux.

Un mot sur les liqueurs dites *apéritives*, telles que l'absinthe, le vermout, le bitter, etc.

La liqueur d'absinthe, par exemple, vendue dans le commerce, est une boisson complexe, mais qui renferme surtout deux substances ayant une action physiologique sur l'organisme : ce sont l'alcool et l'essence d'absinthe. Nous avons appris à connaître les effets de l'alcool. Quant à l'essence, on la retire des tiges, des feuilles et des fleurs d'une plante appelée *absinthe*. L'essence d'absinthe constitue, même à faible dose, un poison terrible; les expériences sur les animaux et l'usage qu'en font certaines personnes ont établi qu'elle engourdit et diminue les facultés cérébrales. Puis elle produit des tremblements et des convulsions semblables à celles que détermine l'épilepsie.

En somme, la liqueur d'absinthe, malgré qu'elle soit qualifiée d'*apéritive*, constitue un poison dont il faut s'abstenir. J'en dirai autant du vermout et du bitter.

Outre les boissons fermentées, nous faisons encore usage de *café* et de *thé*; dans l'Amérique du Sud, les Indiens mâchent des feuilles de *coca*; les indigènes de l'Afrique se servent de même de la noix de *kola*.

La plupart des substances végétales précédentes renferment un principe semblable à celui qu'on trouve dans le café *cafeine*.

On sait que l'ingestion du café produit un sentiment de bien-être général, qui met l'homme en état, même lorsque l'alimentation est insuffisante, d'exécuter des travaux nécessitant un grand déploiement de force musculaire.

Les expériences faites à l'aide de la substance active du café ou *caféine* ont montré, de plus, qu'elle stimule le système nerveux, dont elle augmente l'activité.

Dans les efforts qu'entraine la course ou un travail musculaire considérable, on a remarqué que le café diminue le nombre des battements du cœur et ceux du poumon. En régularisant la circulation et la respiration et en augmentant l'activité du système nerveux, le café confère à l'organisme une plus grande aptitude au travail.

Le café et les substances citées plus haut n'ont pas la propriété de remplacer les aliments, mais ils produisent sur le système nerveux une excitation qui facilite le travail musculaire. A hautes doses, ils deviennent des poisons pour les éléments organiques, et surtout pour le système nerveux.

CIRCULATION DE LA MATIÈRE

La nutrition consiste donc, en définitive, dans les échanges de matière qui se font entre le corps animal et les milieux extérieurs. L'année de sa mort (1794), Lavoisier posa le problème de la *circulation* de la matière entre les règnes minéral, végétal et animal. « Les végétaux, dit-il, puisent dans l'air qui les environne, dans l'eau et en général dans le règne minéral les matériaux nécessaires à leur organisation. Les animaux se nourrissent ou de végétaux ou d'autres animaux, qui ont été eux-mêmes nourris de végétaux; en sorte que les matériaux dont ils sont formés sont toujours, en dernier résultat, tirés de l'air et du règne minéral. »

Les plantes ont la faculté de produire, avec les éléments de l'air, de l'eau et du sol, des substances telles que l'amidon, le sucre, la graisse, l'albumine. A l'aide du carbone (acide carbonique de l'air), de l'azote, de l'hydrogène, de l'oxygène fournis par les matières contenues dans le sol, les végétaux construisent, *créent*, pour ainsi dire, la matière *organique*. Celle-ci sert d'aliment aux animaux. Cette conversion des matières végétales en matières animales, que Lavoisier désigne par le nom d'*animalisation*, a lieu dans le tube digestif et s'achève par l'assimilation.

L'oxygène emprunté à l'air *inspiré* vient brûler et dédoubler les substances de notre corps. Les phénomènes qui accompagnent cette combustion permettent le jeu de nos organes et produisent la chaleur animale.

Les produits de cette combustion et de ces dédoublements sont éliminés sous forme d'acide carbonique, d'eau, d'urée, etc. De cette façon, les substances qui composent le corps de l'animal retournent, dans un état de composés plus simples, à l'air et au sol. La putréfaction, après la mort, achève de rendre à la terre tous les matériaux qui en proviennent.

La matière minérale devient organique, pour redevenir ce qu'elle était avant les transformations qu'elle a subies dans les plantes et les animaux. Cet échange de la matière, ce cercle ou *cycle* qu'elle parcourt, constitue la *circulation de la matière* de Lavoisier, le *tourbillon vital* de Cuvier.

INFLUENCE DE CERTAINES GLANDES SUR LA NUTRITION

Tels sont les seuls actes que l'on connaissait jusque dans ces dernières années et par lesquels on expliquait le jeu de la machine animale : phénomènes de sécrétion, d'absorption, d'assimilation et de désassimilation. Mais on vient de découvrir une série de faits d'un ordre tout différent, qui montrent que d'autres organes jouent un rôle important dans la nutrition générale du corps. Je veux parler de certaines glandes, telles que le *corps thyroïde*, le *thymus*, le *corps pituitaire* et le *pancréas*.

Corps thyroïde. — On trouve au-dessous de la pomme d'Adam (*cartilage thyroïde*, fig. 10, *C. thyr*), un organe glandulaire, qui a reçu, en raison de ce voisinage, le nom de *corps thyroïde*. Il a la forme d'une demi-lune, embrassant, par sa concavité, le larynx et les premiers cerceaux de la trachée. Il pèse, chez l'homme bien portant, 30 grammes environ. Il présente les caractères exté-

rieurs et rappelle la structure des glandes. Il est composé d'une série de grains pleins, mais qui peuvent se creuser d'une cavité centrale remplie de liquide. Ces grains et ces vésicules glandulaires sont entourés d'une gangue de tissu conjonctif, qui reçoit de nombreux vaisseaux sanguins et lymphatiques. Le corps thyroïde se développe par des bourgeons épithéliaux qui viennent du pharynx et se ramifient à la manière d'une glande. Plus tard, le canal qui l'unissait au pharynx disparait, de sorte qu'on ne trouve plus que les parties terminales ou grains. Ceux-ci sont d'abord pleins, mais en sécrétant une matière qui a l'apparence de la colle, ils se transforment en vésicules remplies de *substance colloïde*. L'exagération de cette sécrétion aboutit parfois à l'accroissement du corps thyroïde et à la formation du *goitre* (*guttur*, gorge). Celui-ci peut acquérir de grandes dimensions.

Thymus. — Il convient de citer, à côté du corps thyroïde, un autre organe, qui offre avec lui de grandes analogies de développement et de structure : c'est le *thymus* (*thymos*, thym, ainsi nommé parce que sa forme rappelle celle d'une feuille de thym). En raison de l'aspect de grains glanduleux qu'il affecte chez les jeunes ruminants, il a reçu le nom de *riz de veau*. Il est situé à l'entrée de la poitrine, entre la trachée-artère et la paroi antérieure du thorax.

Très développé chez l'enfant, il diminue avec l'âge et disparait par atrophie chez l'adulte.

Corps pituitaire. — Un troisième organe de structure semblable se trouve dans le crâne : il est relié au cerveau par une tige ou prolongement. Les Anciens avaient supposé que cet organe fabriquait la pituite, qui s'écoulait ensuite dans le nez ; de là le nom de *glande* ou *corps pituitaire*. Celui-ci est également constitué de vésicules glandulaires (fig. 145, *tp*).

Jusque dans ces dernières années, on n'avait aucune notion exacte sur le rôle de ces organes glandulaires, privés de conduit excréteur. Ces organes, qui existent chez tous les vertébrés, sont en général plus développés chez les vertébrés inférieurs que chez les mammifères et l'homme. On les avait alors considérés comme des organes ayant perdu leur fonction chez l'homme et les mammifères ; c'étaient des organes à l'état de rudiment ou *rudimentaires*. Dans ces derniers temps, les recherches ont pu jeter quelque lumière sur les fonctions de l'un d'entre eux, le *corps thyroïde*. Chez certains malades dont le corps thyroïde s'atrophiait, les médecins observaient un dépérissement indiquant une altération profonde de la nutrition ; il était accompagné de bouffissure et d'infiltration de la peau, devenant massive comme celle des pachydermes, tels que l'éléphant, le porc, etc. Le derme s'engorgeait d'une sérosité épaisse comme du mucus.

Les chirurgiens, d'autre part, avaient remarqué qu'après l'ablation du goitre il survenait un gonflement semblable de la peau, avec faiblesse des mouvements. De plus, les malades qui, au moment de l'opération, avaient toute leur intelligence, présentaient, au bout de quelques mois, ou quelques années, un affaiblissement des facultés cérébrales. Il se produit de la lenteur et de la difficulté dans la pensée et dans le langage. Les malades finissent leurs jours dans l'idiotie et le crétinisme, accompagnés de vertige et de convulsions. Lorsque les opérés du goitre n'ont pas fini leur croissance, ils ne grandissent plus ; il y a arrêt de développement portant sur la taille.

A la suite de ces observations, on a expérimenté sur les animaux. On a enlevé le corps thyroïde à divers mammifères (singes, chiens, etc.). On a reproduit ainsi un tableau de troubles semblables : la sensibilité et les mouvements sont altérés ; il y a torpeur cérébrale, et plus tard les animaux sont pris de tremblement et de convulsions et finissent par mourir dans les attaques.

Si l'on enlève la moitié du corps thyroïde, aucun accident ne se manifeste ; on peut même faire, sur un chien, l'ablation complète du corps thyroïde et le maintenir en bonne santé si, de temps en temps, on lui injecte dans le sang le

liquide qu'on obtient par l'expression du corps thyroïde emprunté à un autre chien.

Le corps thyroïde joue par conséquent un rôle important dans les actes de la nutrition générale. Il est probable qu'il modifie ou détruit certaines substances qui résultent du fonctionnement des organes, ou qu'il sécrète des principes qui passent dans le sang et lui font subir des transformations importantes. Si cette fonction est supprimée, il y a un empoisonnement de l'animal, qui est caractérisé par du tremblement, des convulsions et des troubles cérébraux.

Pancréas. — Ces résultats concernant le rôle du corps thyroïde ont un intérêt plus vif encore si on les rapproche d'une nouvelle fonction, découverte en 1889 sur le pancréas. Nous connaissons les usages de cette glande au point de vue de son action sur les aliments (voir p. 62). En enlevant complètement à un chien la glande pancréatique, on amène chez cet animal la présence du sucre dans l'urine. On provoque ainsi une maladie semblable au *diabète*, qui devient persistante et est accompagnée de troubles nutritifs graves. Bien qu'il mange et boive plus qu'auparavant, le chien maigrit et s'affaiblit; sa santé s'altère et il meurt dans le marasme. Si l'on n'enlève qu'une portion du pancréas avec le conduit de Wirsung, le sucre n'apparaît pas dans l'urine; le chien ne devient pas diabétique. Ce fait semble montrer que la portion restante de la glande continue à sécréter certains principes qui passent, par les vaisseaux, dans le sang, et empêchent l'altération de la nutrition. Quelle que soit l'interprétation qu'on adopte, le fait suivant reste acquis : après l'extirpation totale du pancréas, les matières sucrées ne sont plus utilisées par l'organisme; le sucre introduit par les aliments ou fabriqué par le foie passe dans les urines sans qu'il ait servi, et l'animal devient diabétique.

Capsules surrénales. — C'est à la suite de ces glandes sans conduit excréteur, ou qui en sont privées expérimentalement, qu'il convient de citer deux organes coiffant, comme d'un casque, l'extrémité supérieure du rein (fig. 97, *s*) : je veux parler des *capsules surrénales*. Elles sont formées d'une substance extérieure, ferme et jaunâtre, et d'une substance intérieure, molle et brun-marron. Le médecin danois Gaspart Bartholin pensait, au commencement du XVIIe siècle, qu'elles préparaient un liquide noirâtre, l'*atrabile* (*atra*, noire; *bilis*, bile) : de là leur autre nom de *capsules atrabilaires*. Les faits suivants semblent montrer qu'elles ont une fonction spéciale : en enlevant à un animal l'une des capsules surrénales, celle qui reste devient plus grosse et s'hypertrophie (*hyper*, excès; *trophos*, nourriture). Ceci indique clairement qu'elle travaille pour l'absente. Mais si l'on extirpe les deux capsules surrénales, l'animal ne tarde pas à présenter des troubles nerveux graves. Il s'accumule dans le sang un poison, dont l'effet paraît être le même que celui du curare (voir p. 506) : l'animal est atteint peu à peu d'un grand affaiblissement musculaire, puis de paralysie (Abelous et Langlois). Il est donc probable que les capsules surrénales ont pour rôle de détruire un poison produit, pendant la vie, par le jeu des organes.

APPAREIL LOCOMOTEUR

SQUELETTE

Lorsque, par divers procédés, et surtout par la macération (putréfaction), on a dépouillé un corps de toutes les parties molles, on voit qu'il reste une série de pièces dures qu'on appelle *os* : l'ensemble des os forme le *squelette* (*squeletton*, corps desséché). C'est une charpente très solide, qui permet de juger de la *taille*, des *proportions* et d'une partie des formes de l'individu dont elle provient. Par leur déplacement, les pièces du squelette donnent lieu aux *attitudes* et aux *mouvements généraux* ou *partiels*.

Si l'on regarde les figures 105 et 106, on voit que la partie centrale du squelette est formée par une tige osseuse qui s'étend de la tête jusqu'au bassin : c'est la *colonne vertébrale*, formée par des pièces, dites *vertèbres* (*ossa vertebrata*, os tournés ou faits au tour). Elle constitue l'axe du corps, puisqu'elle supporte en haut la tête, plus bas les côtes et les membres supérieurs, et plus bas encore les membres inférieurs.

COLONNE VERTÉBRALE

Les vertèbres sont des pièces superposées comme des disques empilés. Prenons une vertèbre (fig. 107) et mettons en avant sa face la plus rapprochée de la tête, pendant que sa face ventrale regarde en bas et sa face dorsale en haut. Cette vertèbre nous offre une masse médiane et centrale (*c*), appelée *corps*. De chaque côté de la face dorsale part un prolongement osseux étroit (*p*), le *pédicule*. A ce pédicule fait suite une portion plus élargie, la *lame vertébrale* (*l*). Celle-ci se dirige obliquement vers la ligne médiane du dos, où elle rejoint la lame vertébrale de l'autre côté, et forme ainsi une saillie ou *épine* (*e*), appelée *apophyse épineuse* (*apophysis*, excroissance). Ce sont ces saillies épineuses qui ont fait donner à la colonne vertébrale le nom d'*épine dorsale*. Le corps de la vertèbre, les deux pédicules, les deux lames vertébrales et l'apophyse épineuse forment un anneau qui circonscrit un trou, le *trou*



Fig. 105. — Squelette.

Cr. crâne; *Vc*, vertèbres cervicales; *Vl*, vertèbres lombaires; *Cl*, clavicule; *Om*, omoplate; *Hs*, humérus; *St*, sternum; *Ct*, côtes; *Cl'*, cartilages costaux; *Co*, os coxal; *Vs*, vertèbres sacrées ou sacrum; *Rs*, radius; *G*, cubitus; *C*, carpe; *Mtc*, métacarpe; *Ph*, phalanges; *Fr*, fémur; *Rc*, rotule; *Tb*, tibia; *Pe'*, péroné; *Te*, tarse; *Mtt*, métatarse; *Ph*, phalanges; *Cm*, calcanéum.



Fig. 106. — Section médiane et antéro-postérieure de la colonne vertébrale.

1, corps vertébral; 2, apophyse épineuse; 3, pédicule et lame vertébrale; 4, trou de conjugaison.

vertébral (*o*). En se superposant, les trous vertébraux constituent un canal, le *canal vertébral* ou *rachidien* (*rachis*, épine du dos ou échine). Ce canal loge le cordon nerveux central, que nous étudierons plus loin sous le nom de *moelle épinière*. A cause de la présence de la moelle épinière, l'arc osseux dorsal formé par les pédicules, les lames et l'apophyse épineuse est désigné sous le nom d'*arc neural* (*neuron*, nerf).

L'arc neural porte encore : 1° deux prolongements osseux, dirigés plus ou moins directement en dehors, les *apophyses transverses* (*t*) ; 2° des surfaces dépendant des lames vertébrales et unissant les vertèbres entre elles, *apophyses articulaires* (*ar*).

La colonne vertébrale se compose de vertèbres cervicales, thoraciques, lombaires, sacrées et coccygiennes. — Les vertèbres sont désignées sous le nom de *cervicales* (*cervix*, cou) lorsqu'elles appartiennent au cou. On compte 7 vertèbres cervicales chez l'homme ; elles ont pour caractère de posséder un petit corps vertébral. Leurs apophyses épineuses sont courtes, sauf celle de la dernière, qui est longue et fait une saillie marquée sous la peau. Les apophyses transverses des vertèbres cervicales sont percées d'un trou qui permet à l'artère *vertébrale* venant de la poitrine de gagner l'intérieur du crâne.

Dans la région de la poitrine, les vertèbres sont dites *thoraciques* ; il y en a autant que de paires de côtes, c'est-à-dire 12 ; le corps de ces vertèbres est plus volumineux qu'au cou ; les apophyses épineuses et transverses sont plus allongées également. Le corps et les apophyses transverses présentent,

de chaque côté de la vertèbre, des surfaces qui s'unissent aux parties correspondantes des côtes, de façon à former le squelette du thorax et à permettre aux côtes des mouvements de glissement sur les vertèbres.

Entre la poitrine et le bassin se trouvent les *vertèbres lombaires* (*lombus*, région des reins); elles sont au nombre de 5 : leur corps est très volumineux et leurs apophyses épineuses ont la forme de lames quadrilatères et verticales (fig. 106). Leurs apophyses transverses sont longues et semblent prolonger la série des côtes : d'où leur nom d'*apophyses costiformes*.

La 5e vertèbre lombaire arrive jusqu'au bassin; elle s'appuie sur la base d'une pièce osseuse en forme de pyramide. Les anciens l'ont nommée *sacrum*, parce que cette pièce protège les viscères réservés aux dieux dans les sacrifices (rectum et matières fécales, vessie et urine). Par la conformation de ses diverses parties, il est facile de voir que le sacrum est formé de 5 *vertèbres* (sacrées), intimement soudées entre elles chez l'adulte.

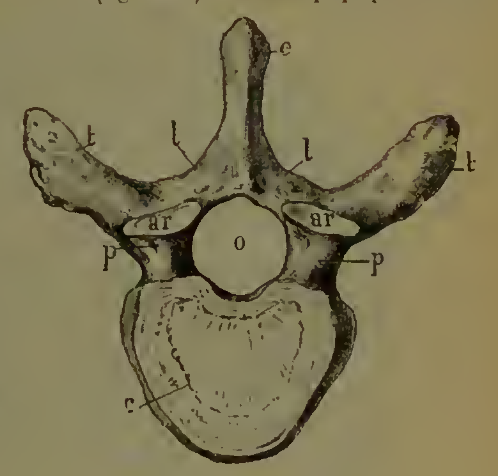


Fig. 107. — Vertèbre.

c, corps; *p*, *p*, pédicule; *l*, *l*, lame vertébrale; *e*, apophyse épineuse; *t*, *t*, apophyses transverses; *ar*, *ar*, apophyses articulaires; *o*, trou vertébral.

Les parties ou masses latérales sont unies aux os du bassin, de telle sorte que tout le poids du corps est transmis à ce dernier.

Enfin le sommet du sacrum s'articule avec une petite pièce osseuse, formée également de corps vertébraux soudés entre eux : c'est le *coccyx*, qu'on a comparé au bec du coucou (*coccyx*, coucou).

TÊTE

Le squelette de la tête est formé des os de la face et des os du crâne. — La tête est formée : 1° des *os de la face*, dont nous avons étudié le massif du maxillaire supérieur et le maxillaire infé-

rieur (p. 22); 2° des *os du crâne*. Ceux-ci sont des pièces qu'on voit unies par leurs bords (fig. 105), et disjointes ou désarticulées (fig. 108).

En avant se trouve le *frontal* (2*a*), os unique et impair chez l'adulte, mais formé dans le jeune âge de deux os pairs se soudant plus tard. Sur les côtés, on voit : 1° en bas, l'os des tempes ou *temporal* (3*b*), sur lequel s'appuie le condyle de la mâchoire

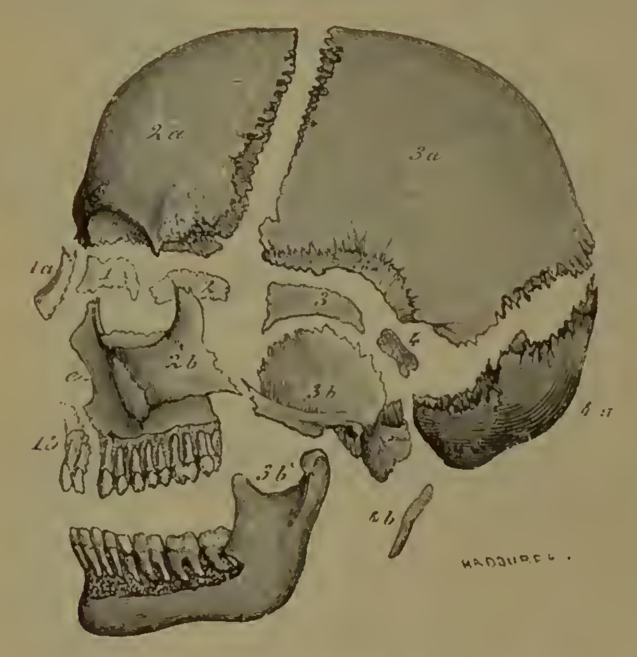


Fig. 108 — Os de la tête séparés les uns des autres.

1*a*, os du nez ; 1, ethmoïde ; 2 et 3, sphénoïde ; 4, portion basilaire de l'occipital ; 4*a*, partie latérale et supérieure de l'occipital ; 3*a*, pariétal ; 2*a*, frontal ; 2*b*, os malaire ; *c*, maxillaire supérieur ; 1*b*, portion du maxillaire qui supporte les dents incisives ; 3*b*, temporal ; 3*b'* maxillaire inférieur ; 4*b*, appendice styloïde du temporal.

inférieure et qui loge l'oreille ; 2° en haut, le *pariétal* (*paries*, paroi), qui, sur la ligne médiane, s'unit à celui de l'autre côté (fig. 109). Enfin, en arrière, se trouve l'*occipital*, qui constitue la saillie ou *occiput* qui proémine au-dessus de la nuque.

La partie inférieure de l'occipital s'épaissit en une saillie (*apophyse basilaire*) portant deux apophyses articulaires. Celles-ci reposent sur la première vertèbre cervicale ou *atlas*. Cette vertèbre supporte en effet la tête, comme le géant de la fable Atlas portait le monde sur ses épaules. Cette même apophyse basilaire

est unie à la partie évasée (*4a*), ou écaille de l'occipital, par deux prolongements osseux qui circonscrivent le trou faisant suite au canal rachidien ou *trou occipital*. C'est par cette ouverture que la moelle épinière se prolonge dans la cavité du crâne.

En avant, l'apophyse basilaire de l'occipital est suivie par un os intercalé en forme de coin entre les divers os du crâne : on le nomme le *sphénoïde* (*sphen*, coin; *eidos*, forme). Ce dernier est pré-



Fig. 109. — Os pariétal droit.

cédé enfin de l'*ethmoïde* (*ethmos*, crible), parce qu'il présente une série de trous que traversent les nerfs de l'odorat (voir p. 516).

MEMBRES

Os du membre thoracique. — Il y a quatre membres : deux thoraciques, deux abdominaux. Le membre thoracique est formé, de chaque côté de la poitrine, par une suite de segments osseux. A sa base on trouve l'*épaule*, qui, comme on le voit sur les figures 94, *o* et *cl*, et 105, *cl*, présente deux os : l'un triangulaire et aplati, l'*omoplate* (*omos*, épaule; *platê*, chose plate), qui est appli-

qué sur la partie dorsale des sept premières côtes. Sur sa face dorsale on voit une crête osseuse, dite *épine* de l'omoplate, qui se dirige en dehors et forme une saillie osseuse libre s'articulant avec le 2e os de l'épaule. Celui-ci est un os allongé en travers et étendu de l'omoplate à l'extrémité cervicale du sternum : comme il est incurvé à la façon d'une clé antique, il a reçu le nom de *clavicule* (*clavicula*, petite clé).

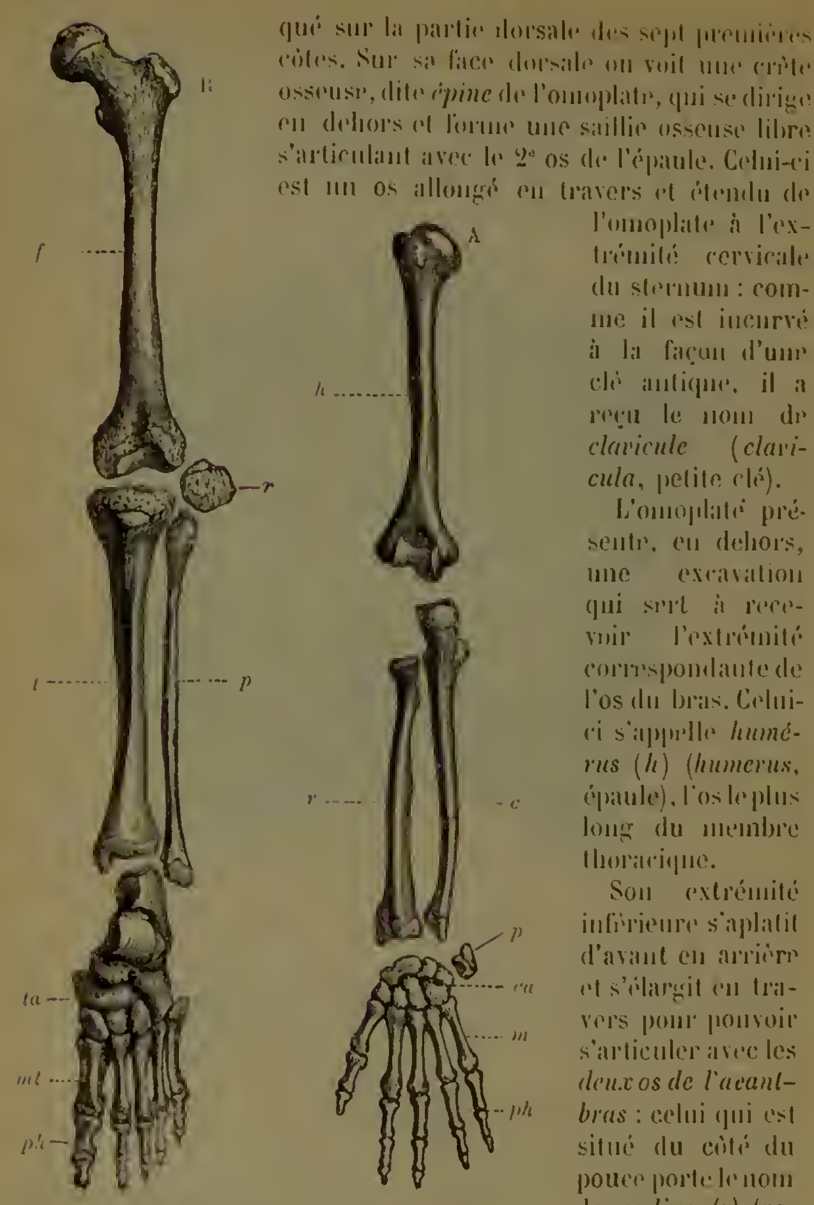


Fig. 110. — Squelette des membres thoraciques et abdominaux.

A. Membre thoracique : *h*, humérus; *r*, radius; *c*, cubitus; *ca*, carpe avec l'os pisiforme (*p*); *m*, métacarpe; *ph*, phalanges. — B. Membre abdominal : *f*, fémur; *r*, rotule; *t*, tibia; *p*, péroné; *ta*, tarse; *mt*, métatarse; *ph*, phalange.

L'omoplate présente, en dehors, une excavation qui sert à recevoir l'extrémité correspondante de l'os du bras. Celui-ci s'appelle *humérus* (*h*) (*humerus*, épaule), l'os le plus long du membre thoracique.

Son extrémité inférieure s'aplatit d'avant en arrière et s'élargit en travers pour pouvoir s'articuler avec les *deux os de l'avant-bras* : celui qui est situé du côté du pouce porte le nom de *radius* (*r*) (*radius*, baguette), et tourne autour de l'autre, le *cubitus* (*c*). Celui-ci a reçu ce nom parce

que son extrémité supérieure constitue la saillie du coude (*cubitus*, coude).

A l'extrémité inférieure des deux os de l'avant-bras font suite huit osselets, qui sont disposés sur deux rangées et forment le squelette du poignet, ou *carpe* (*ca*) (*carpos*, grain, les osselets figurant les grains).

Sur la dernière rangée des os du poignet s'appuie l'extrémité supérieure de cinq os allongés formant la charpente de la paume de la main : on les nomme *métacarpiens* (*m*) (*méta*, à la suite... du carpe). Les intervalles, qui sont à claire-voie sur le squelette, sont remplis, dans une main complète, par des muscles et la peau.

Viennent enfin les doigs, également au nombre de cinq. On les compte en allant du pouce vers le petit doigt :

Ce sont le 1er ou *pouce*; le 2e, *index*; le 3e, *médius*; le 4e, *annulaire*; le 5e, *petit doigt*, ou *auriculaire*. Chaque doigt possède trois osselets allongés et disposés en séries, dits *phalanges*, sauf le pouce, qui n'en a que deux. On les compte, en allant du métacarpe vers les ongles, sous les noms de 1re, 2e ou 3e. On a l'habitude de réserver le nom de *phalange* à la 1re; celui de *phalangine* à la 2e et celui de *phalangette* à la 3e. Cette dernière est encore dite *phalange unguéale*, parce qu'elle supporte l'ongle (fig. 111).



Fig. 111. — Les phalanges d'un doigt.

1, phalange ; 2, phalangine ; 3, phalangette.

Os du membre abdominal. — Dans le membre abdominal, nous allons retrouver une série de segments rappelant ceux du membre thoracique.

La partie qui correspond à l'épaule est la *hanche*, formée par l'os *coxal* (*coxa*, hanche) (fig. 105, *Co*, et fig. 128, *b*).

La comparaison des deux figures rend bien compte de la forme irrégulière de cet os, aplati et tordu sur lui-même : la partie supérieure de l'os coxal forme une crête qui se dirige du dos vers le ventre et qui dessine la ligne des hanches. Enfin, le prolongement ventral du coxal va à la rencontre de celui de l'autre côté et forme une saillie ventrale, le *pubis* (fig. 105).

La jonction de ces deux os courbés et leur union avec le sacrum produisent une ceinture osseuse circonscrivant la cavité ou le canal du *bassin*, où aboutissent les extrémites du tube digestif et de l'appareil urinaire (*rectum* et *vessie*).

La face externe présente de plus une cavité en forme d'écuelle, dite *cotyloïde* (*cotylé*, écuelle), où vient s'emboiter l'extrémité supérieure de l'os de la cuisse (fig. 105). Celui-ci s'appelle le *fémur* (*f*), l'os le plus long et le plus volumineux du squelette; il est unique, comme l'humérus au bras (fig. 110, B). Il s'élargit notablement à son extrémité inférieure pour se mettre en rapport avec l'os principal de la jambe, le *tibia* (*tibia*, flûte), et un os arrondi, la *rotule* (*r*) (*rotula*, petite roue). Il est uni, en outre, par des ligaments au 2e os de la jambe, le *péroné* (cheville).

Le tibia (*t*) est l'os le plus gros, situé du côté du gros orteil, comme le radius est du coté du pouce; il transmet le poids de la cuisse au pied, et il est côtoyé en dehors par le *péroné* (*p*).

Enfin vient le pied, constitué comme la main, 1° par une rangée d'os plus ou moins arrondis, le *tarse* (*t*) : 2° par 5 os semblables aux métacarpiens et qui sont dits les *métatarsiens* (*mt*) ; 3° par 5 orteils, composés chacun de trois phalanges, sauf le gros orteil, qui n'en a que deux.

L'ensemble du tarse et du métatarse avait été comparé à une *claie* (*tarsos*, claie à égoutter les fromages) (fig. 132).

Os longs, os larges et os courts. — Telle est la description très succincte du squelette, qui comprend plus de 200 os. Un coup d'œil jeté sur un squelette permet de diviser ces os en trois groupes : les uns sont plus longs qu'ils ne sont larges ou épais; ce sont les *os longs*, tels que la plupart des os des membres (*humérus*, *fémur*, *métacarpiens*, etc.). Les os longs ont une partie moyenne, *corps*, *diaphyse* (*diaphysis*, séparation), plus mince que les extrémités, ou *épiphyses* (*épiphyo*, je crois dessus).

D'autres os ont la forme de lames aplaties, d'épaisseur généralement faible : ce sont les *os larges*, tels que les os du crâne, l'omoplate, l'os coxal, etc.

Enfin, un troisième et dernier groupe comprend les os dans lesquels aucune des trois dimensions ne l'emporte sensiblement sur les autres : ce sont les *os courts* (vertèbres, os du carpe, du tarse, etc.). Nous verrons que cette classification répond également à des différences de constitution de la substance osseuse.

Nous venons de décrire les parties essentielles du squelette de l'adulte ; mais les os sont loin de former toute la charpente du corps ; outre les liens ou ligaments qui réunissent les os, ceux-ci sont, pour la plupart, mis en rapport les uns avec les autres par du cartilage ; d'autres, tels que les côtes, présentent toute la vie des segments totalement cartilagineux. Enfin, certains organes, le larynx, la trachée-artère, les bronches, une portion du nez et de l'oreille externe, possèdent toujours des pièces cartilagineuses

qui leur constituent un tissu de soutien souple, élastique et suffisamment rigide.

Composition des os. — La substance osseuse est formée par l'union intime de deux parties, l'une organique, dite *osséine*, et l'autre minérale, constituée par des sels minéraux où dominent les calcaires. L'osséine est une substance albuminoïde qui se transforme par la coction en une sorte de gelée ou *gélatine*.

Deux expériences très instructives permettent d'isoler l'osséine d'un côté, les sels calcaires de l'autre.

Prenez un os de lapin, de mouton ou de poulet, et plongez-le dans un vase contenant un mélange d'eau et de vinaigre, ou, mieux encore, d'eau et d'acide chlorhydrique (fig. 112). Au bout de quelques jours, vous constaterez que l'os a cessé d'être dur et rigide; il est devenu assez souple et assez élastique pour pouvoir être plié et courbé en tous sens. C'est que les acides précédents ont décomposé les sels minéraux, qui se sont dissous dans la solution à l'état d'acétates ou de chlorures et de phosphates acides minéraux. Un procédé analogue est employé dans l'industrie pour fabriquer la *gélatine* ou *colle d'os*; on enlève les sels minéraux, c'est-à-dire qu'on *décalcifie* les os avec l'acide chlorhydrique et, en second lieu, on fait bouillir l'osséine dans de l'eau pour la transformer en gélatine.



Fig. 112. — Os long traité par une solution d'acide chlorhydrique.

Si, d'autre part, vous exposez un os à un feu ardent, vous le verrez, au bout de quelque temps, blanchir, tout en conservant sa forme primitive. Mais si vous le retirez du feu, il tombera en poussière. Le feu a détruit l'osséine en la brûlant et il ne reste que les sels minéraux, qui s'effondrent au moindre contact. En calcinant à une température moins élevée, dans un creuset, des os de bœuf, de cheval, etc., on détruit l'osséine, et il ne reste que le carbone uni aux sels minéraux : c'est le *charbon animal* ou *noir animal*, qu'on emploie dans l'industrie pour décolorer les liquides organiques.

L'analyse montre que l'osséine constitue le tiers environ, et les

sels minéraux les deux tiers de l'os ; la formule suivante, très facile à retenir, résume cette composition :

Osséine.	33
Sels minéraux.	66

Les sels minéraux sont surtout des phosphates et des carbonates de chaux. Sur 100 parties de cendres d'os, on a :

Phosphate tribasique de calcium.	85
Carbonate de calcium.	9
Fluorure de calcium	4
Phosphate de magnésium.	2
	100

Structure des os. — L'os a une architecture particulière. Il y a deux moyens de la connaître : 1° on enlève avec la scie une mince

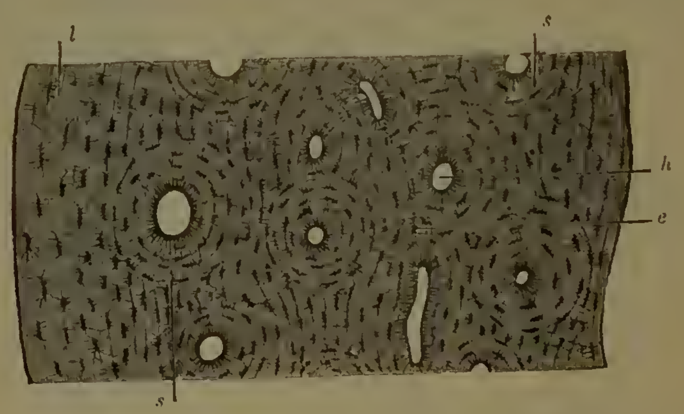


Fig. 115. — Section en travers d'un os long desséché.

h, canal de Havers ; *e*, corpuscule osseux (rempli d'air) ; *l*, lamelles osseuses à la périphérie de l'os ; *s*, *s*, lamelles osseuses disposées autour d'un canal de Havers.

lamelle de la diaphyse d'un os long, *macéré* et *desséché*, et l'on use la lamelle sur une pierre à rasoir, par exemple, jusqu'à ce qu'elle devienne mince et transparente. En l'examinant ensuite par transparence et à un grossissement moyen, on aperçoit une série de trous (fig. 115, *h*) d'un diamètre de 1 à 2 dixièmes de millimètre ; ils figurent la section de canaux creusés dans l'os ; ils ont été vus la première fois par le médecin anglais Clopton

Havers, vers 1734. On les appelle depuis les *canaux de Havers*. Ces canaux sont anastomosés et logent les capillaires sanguins ; les mailles qu'ils limitent sont allongées dans le sens de la longueur de l'os.



Fig. 114. — Trois systèmes de Havers et le système intermédiaire (*p*).
HH, canal de Havers ; *b*, *c*, corpuscules osseux avec leurs prolongements.

Autour de chaque canal de Havers, la substance osseuse est disposée en couches concentriques s'emboitant réciproquement ; on les appelle les *lamelles osseuses*. On remarque dans ces lamelles osseuses des taches noires et étoilées semblables à des araignées, dont les nombreuses pattes figurent des prolongements anastomosés les uns avec les autres : les taches sont des espaces dits *cavités osseuses* (fig. 114, *c*). Les prolongements de ces taches sont appelés *canalicules osseux* (*b*). Les cavités et les canalicules paraissent noirs sur l'os sec examiné par transparence, parce qu'ils sont remplis d'air.



Fig. 115. — Cavité osseuse émettant les canalicules osseux (*c*) et renfermant une cellule (*a*) avec ses prolongements *p*).

Le second procédé, qui complète les notions précédentes, consiste à décalcifier un morceau d'os *frais* et à y pratiquer des coupes avec le rasoir. On voit alors que les cavités osseuses sont remplies par des cellules, c'est-à-dire des masses de protoplasma pourvues d'un noyau et émettant des prolongements. Ces prolongements parcourent les canalicules osseux et vont s'anastomoser avec ceux des cellules voisines.

On donne le nom de *système de Havers* à l'ensemble des lamelles osseuses qui sont disposées en couches concentriques autour d'un canal de Havers (fig. 115, *s*). Comme on le voit sur la figure 114, en *p*, les systèmes de Havers n'arrivent pas à se tou-

se fait varie selon les os et même selon les individus. Les cartilages de conjugaison des membres disparaissent de dix-huit à vingt-cinq ans ; à partir de ce moment l'homme a cessé de grandir : sa stature est définitive.

Accroissement en épaisseur. — L'os est un des tissus les plus vivants : ce que démontrent les changements perpétuels dont il est le siège. L'os qui remplace le cartilage est d'abord un os plein, c'est-à-dire sans canal médullaire et formé uniquement de substance spongieuse. Dans un os long, par exemple, les lamelles osseuses centrales disparaissent peu à peu, grâce à une véritable résorption et il se forme à leur place une cavité remplie de moelle osseuse.

En outre, une nouvelle substance osseuse se fait aux dépens d'une membrane qui entoure l'os et qui l'enserre si bien qu'on a cru pendant longtemps qu'elle l'empêchait de croître. Cette membrane est conjonctive et s'appelle le *périoste* (*péri*, autour ; *ostéon*, os). Son rôle, dans le jeune âge, est de former l'os, en élaborant par sa face interne une série de zones osseuses qui se superposent de dehors en dedans.

Cette propriété du périoste a été découverte au XVIIIe siècle. Un chirurgien anglais, Belchier, avait observé, en 1740, que les os d'un cochon nourri chez un teinturier étaient rouges. Il produisit à volonté cette coloration des os chez les animaux en mêlant de la garance à leurs aliments. Dès 1741, Duhamel, en France, varia de diverses façons ces expériences sur un jeune porc ; après des alternatives à peu près égales d'un régime semblable (aliments chargés de garance) et d'un régime ordinaire, la substance des os de l'animal présentait des couches alternativement rouges et blanches. Les couches rouges correspondaient à l'époque où le porc avait mangé de la nourriture mêlée de garance, et les couches blanches aux époques intermédiaires. Le périoste *est donc toujours en train de former de l'os, par sa face interne, chez les jeunes animaux*. Or, puisque l'os ne devient pas infiniment gros, il faut bien que la substance osseuse se résorbe du côté du canal médullaire, pendant qu'il s'en forme de la nouvelle en dehors. Voici comment Duhamel mit ce fait en évidence : il souleva le périoste d'un os long sur un *jeune* pigeon, et entoura la diaphyse d'un fil d'argent. Examinant l'os quelque temps après, il retrouva le fil d'argent dans le canal médullaire.

On peut même détruire l'os plus ou moins complètement : si l'on prend la précaution de conserver le périoste intact, il continuera à produire de la substance osseuse et à régénérer l'os en entier. Flourens, vers 1830, a repris ces expériences ; enfin, un chirurgien

de Lyon, M. Ollier, en a donné récemment la preuve définitive. Sur une longueur de plusieurs centimètres, il détacha de l'os des lambeaux de périoste ; puis, l'un des bouts seulement tenant à l'os, il attira tout le lambeau entre les muscles du membre ; le périoste *continua à faire de l'os* au milieu des chairs. Dans d'autres expériences, il détacha un lambeau de périoste sur le tibia d'un lapin, et, après l'avoir enlevé complètement de la jambe, il le porta et le transplanta, comme on ferait d'un végétal, dans une loge creusée soit dans l'aine, soit sous la peau de la tête du même animal. Il vit le périoste continuer à vivre dans ce nouveau milieu et à produire du tissu osseux. Il obtint, *par cette greffe*, des os gros de 4 centimètres.

Chez les jeunes sujets surtout, cette puissance de reproduction et de régénération de l'os est remarquable. Avec l'âge on voit diminuer dans le périoste la faculté de faire de l'os, et chez le vieillard il n'est plus qu'une membrane fibreuse.

Ossification. — Comment se fait ce remplacement du tissu cartilagineux par du tissu osseux ? A cet effet, on voit des sels minéraux (phosphates, etc.) se déposer dans le tissu cartilagineux sous forme de grains : il se produit ainsi des colonnes solides ou *travées* qui semblent diriger les phénomènes de l'ossification. Puis, le long de ces travées, on voit se ranger en séries des cellules polyédriques. Quant aux logettes circonscrites par les travées, elles sont remplies par du tissu conjonctif vasculaire. Toutes ces cellules polyédriques sont d'abord contiguës ; puis chacune élabore sur son pourtour l'*osséine* : aussi les a-t-on appelées *ostéoblastes* (*ostéon*, os ; *blastéo*, je forme).

En effet, à mesure que l'osséine se dépose entre les ostéoblastes, ceux-ci s'éloignent les uns des autres ; mais ils restent néanmoins unis entre eux par des prolongements protoplasmiques. Ceux-ci s'étirent d'autant plus que l'osséine devient plus abondante et plus épaisse entre les ostéoblastes. Comme le corps cellulaire et ses prolongements se revêtent d'une carapace d'osséine, celle-ci, vidée de son protoplasma dans les pièces desséchées, reproduit la forme d'araignée munie de ses longues pattes. Le protoplasma et ses prolongements sont donc, dans l'os frais, enfermés dans la substance osseuse, qui constitue leur moule et en reproduit la forme.

Quand une première assise d'ostéoblastes a élaboré une zone périphérique de lamelles osseuses, une assise plus interne continue à se déposer, et ainsi de suite. Dans le tissu spongieux, les lames osseuses restent éloignées les unes des autres et le centre des logettes ou aréoles reste toujours occupé par de la moelle et des

vaisseaux. Dans le tissu compact, l'ossification se fait d'abord comme dans le tissu spongieux, puis elle se poursuit jusqu'au contact du capillaire, qui devient le vaisseau du canal de Havers. Les lamelles du tissu spongieux correspondent aux systèmes intermédiaires du tissu compact ; ce sont les parties osseuses qui s'élaborent d'abord. Les choses en restent là pour le tissu spongieux. Quant au tissu compact, les faces intérieures des aréoles continuent à former des couches concentriques de lamelles osseuses, jusqu'à enserrer le capillaire sanguin : tel est le mode de production du système de Havers, caractéristique du tissu compact.

Le squelette est cartilagineux d'abord, sauf au niveau de la voûte du crâne. Là il reste pendant longtemps à l'état de tissu conjonctif ou de membrane protégeant le contenu de la boîte crânienne.

Malgré ces différences, l'ossification se fait au sein de ces membranes par un procédé identique à celui que nous connaissons.

L'importance des sels calcaires dans l'ossification est démontrée par les expériences suivantes de M. A. Milne Edwards. Cet auteur a privé de sels calcaires les aliments donnés à des jeunes pigeons : leur squelette a continué à s'allonger et à s'épaissir, mais il est resté mou et s'est déformé : ces animaux sont devenus *rachitiques*. C'est là ce qui arrive si souvent chez les jeunes enfants qui sont privés de l'alimentation lactée. Nous avons vu (p. 62), outre la graisse, le sucre et la caséine, la quantité de sels calcaires que renferme le lait : le squelette du nouveau-né est en pleine période d'ossification et le lait est la seule nourriture qui contienne tous les éléments indispensables à ce phénomène, de sorte qu'il ne peut sans danger être remplacé par aucun aliment.

SQUELETTE NATUREL

Les os que nous avons étudiés sont des pièces dures, unies entre elles, soit d'une façon immobile, comme dans les os du crâne, soit par des liens qui leur permettent de jouer les unes sur les autres. Ils constituent ainsi le *squelette naturel*. On donne au mode de jonction des os le nom d'*articulations* ou *jointures* (*articulus*, jointure).

Quelques exemples feront comprendre la constitution complexe et le rôle important des articulations dans la machine animale.

Colonne vertébrale naturelle, mode d'union des vertèbres. — Nous connaissons la colonne vertébrale, qui, si elle était unique-

ment constituée par les vertèbres *osseuses*, ferait une tige rigide. La présence d'une série de parties intermédiaires aux os la transforme, sur sa plus grande longueur, en une colonne à la fois solide, mobile et élastique.

Le squelette de la colonne vertébrale apparaît d'abord chez

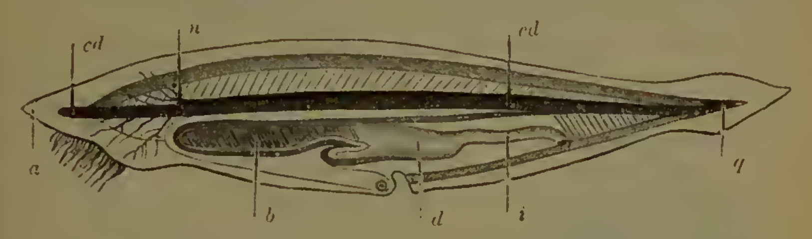


Fig. 117 — Amphioxus (grandeur naturelle).

a, extrémité antérieure du corps; *b*, chambre branchiale; *d*, tube digestif, intestin; *q*, queue; *cd*, *cd*, corde dorsale; *n*, nerf partant de la moelle épinière.

l'homme et les vertébrés sous la forme d'un cordon élastique qui s'étend dans l'axe du corps entre le tube digestif et les centres ner-

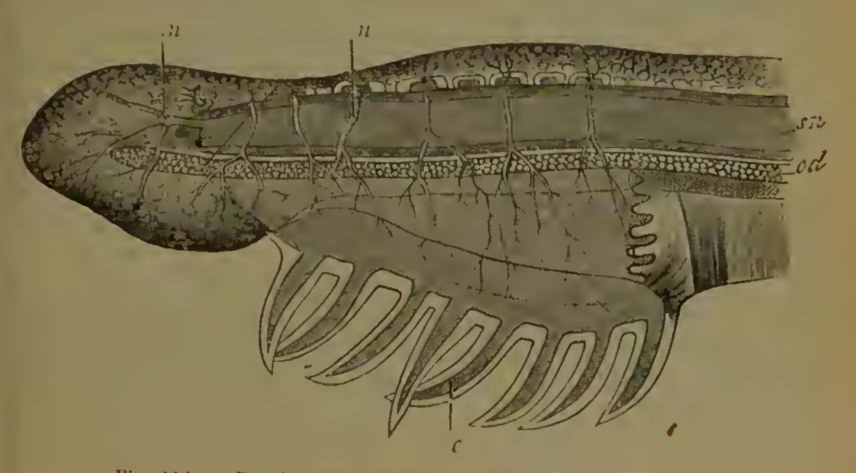


Fig. 118. — Extrémité antérieure de l'Amphioxus (grossie).

c, cirres entourant la bouche; *cd*, corde dorsale; *sn*, moelle épinière; *n*, nerfs rachidiens.

veux. Ce cordon est connu sous le nom de *corde dorsale*, dont on se fera une idée en regardant les figures 117 et 118. Celles-ci représentent un poisson inférieur, l'*amphioxus*, chez lequel durant toute la vie la corde dorsale (*cd*) constitue l'unique soutien du corps.

La corde dorsale est entourée d'une enveloppe conjonctive formant un manchon complet au système nerveux, sauf aux points par où sortent les nerfs (*n*).

A ce squelette, constitué par une corde dorsale et une enveloppe conjonctive, on donne le nom de *rachis membraneux*.

Le rachis membraneux laisse reconnaître de bonne heure une série d'îlots clairs, formés de tissu cartilagineux, qui sont séparés et réunis en même temps par la gaine conjonctive. Ces îlots cartilagineux ne tardent pas à pousser des prolongements et à former des anneaux cartilagineux complets au système nerveux central.

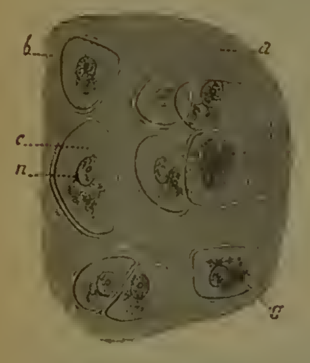


Fig. 119. — Cartilage hyalin (à un fort grossissement).

a, substance transparente, dite fondamentale; *b*, enveloppe ou capsule de la cellule cartilagineuse; *c*, protoplasma de la cellule; *n*, noyaux; *g*, cellule devenue graisseuse.

La colonne vertébrale reste à cet état cartilagineux chez certains poissons, tels que la lamproie, le requin, la raie.

Sous cette forme *cartilagineuse*, la colonne vertébrale est donc composée d'une série d'anneaux cartilagineux, réunis entre eux et séparés en même temps par le tissu conjonctif devenu fibreux.

Mais, chez la plupart des vertébrés, l'os vient se substituer au cartilage dans la plus grande partie des anneaux cartilagineux, et l'on a ainsi la colonne vertébrale *osseuse*.

Les quelques notions que nous venons de donner sur l'évolution de la colonne vertébrale nous permettront de comprendre sa constitution chez l'adulte.

Comme le montre la figure 120, qui représente quelques vertèbres de la région thoracique, l'anneau osseux qui entoure la moelle épinière (*m*) est formé par le corps de la vertèbre (*c*), les pédicules, les lames vertébrales et l'apophyse épineuse (*e*). Chaque corps vertébral est séparé du suivant ou du précédent par un reste du rachis membraneux devenu fibreux et cartilagineux et constituant le disque intervertébral (*d*).

Les pédicules sont éloignés les uns des autres, et l'espace qui les sépare est rempli par du tissu conjonctif très lâche, que traversent les nerfs (*n*) venant de la moelle épinière : ces espaces ou échancrures portent le nom de *trous de conjugaison*, parce qu'ils donnent passage aux paires (ou *conjugaisons*) des nerfs rachidiens.

Les lames vertébrales qui se suivent se superposent, et le tissu

du rachis membraneux qui se trouve interposé se transforme en un tissu jaune, élastique, les *ligaments* jaunes (*ll*). Ceux-ci réunissent chaque lame vertébrale à celle qui la précède ou qui la suit.

Articulations mobiles ou diarthroses. — Enfin, chaque arceau osseux dorsal émet de chaque côté un prolongement qui végète vers l'arceau qui précède ou qui suit. Ces prolongements se rencontrent et se mettent en contact par deux surfaces revêtues de cartilage : tout autour de ces deux surfaces *articulaires*, le tissu conjonctif s'épaissit et forme un manchon ou *capsule articulaire* qui maintient les rapports des deux parties en présence. Ce dernier mode d'articulation permet le glissement d'une surface articulaire sur l'autre ; on lui donne le nom de *diarthrose* (*dia*, à travers ; *arthron*, articulation), parce qu'une fente ou interligne articulaire sépare les deux surfaces.

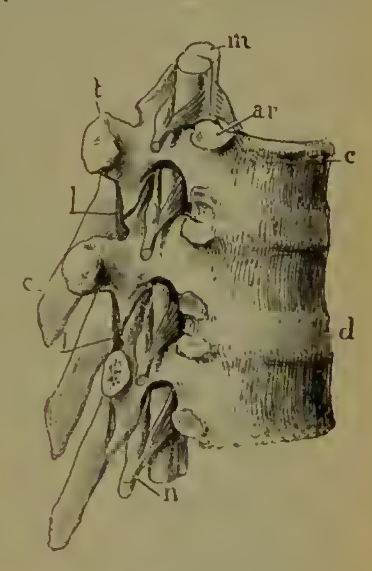


Fig. 120. — Trois vertèbres articulées.

c, corps vertébral ; *d*, disque intervertébral ; *e*, apophyse épineuse ; *ar*, saillie où s'appuie la côte ; *t*, apophyse transverse ; *l*, ligament jaune ; *m*, moelle épinière ; *n*, nerf rachidien, qui résulte de la réunion de la racine ventrale et dorsale sortant par le trou de conjugaison.

C'est là un exemple d'articulation mobile, où les surfaces articulaires sont polies, élastiques et résistantes, grâce à l'existence du revêtement cartilagineux.

En outre, le feuillet interne de la capsule fibreuse sécrète un liquide onctueux, filant comme du blanc d'œuf, et appelé *synovie* (*syn*, avec ; *ovum*, œuf). Le rôle de ce liquide est comparable à celui du cambouis. Le feuillet interne de la capsule fibreuse qui produit la synovie est appelé *membrane synoviale*.

Articulations demi-mobiles. — La surface des disques intervertébraux est continue avec l'os du corps vertébral ; il n'existe à ce niveau ni interligne articulaire, ni synoviale, mais les fibres périphériques des disques et le tissu plus mou de la partie centrale permettent des mouvements légers de balancement. On donne à ce genre d'articulations le nom d'*amphiarthrose* (*amphi*, de part et d'autre, intermédiaires entre les diarthroses et les articulations immobiles). Avec les progrès de l'âge, l'os envahit de plus en plus le tissu fibro-cartilagineux et

diminue l'épaisseur du disque intervertébral. Dans la région sacrée même, on voit de très bonne heure les disques intervertébraux s'ossifier complètement, de sorte que la soudure des vertèbres et des disques sacrés produit une seule pièce osseuse, le *sacrum*.

Au niveau des vertèbres lombaires, le disque intervertébral atteint au moins le tiers de la hauteur du corps vertébral, ce qui explique la souplesse et l'élasticité de la région lombaire.

Dans la région thoracique, le disque atteint à peine le sixième de la hauteur du corps vertébral. Aussi les mouvements sont-ils plus bornés dans cette région que dans la lombaire. Au niveau du cou, la hauteur des disques intervertébraux est le quart de celle du corps des vertèbres. Cela explique l'élasticité de la région cervicale, qui contribue à lui assurer des mouvements de rotation des plus étendus. Que la partie ventrale d'une série de disques qui se suivent soit comprimée, la partie dorsale sera relâchée, les vertèbres se rapprocheront du côté ventral et s'éloigneront du côté dorsal : il en résultera une concavité ventrale et une convexité dorsale. En un mot, deux vertèbres qui se suivent n'exécutent que des mouvements d'oscillation très faibles; mais ceux-ci, en se surajoutant, permettent à la colonne vertébrale des mouvements de totalité assez étendus sur les côtés ventral, dorsal ou latéral.

Courbures de la colonne vertébrale. — Plus épais du côté ventral dans les régions cervicale et lombaire, les disques intervertébraux y déterminent une courbure à *convexité ventrale*. Dans la région thoracique, la convexité est dorsale, de même que dans les régions sacrée et coccygienne.

Cette direction de la colonne vertébrale est remarquable chez l'homme : les courbures non seulement augmentent la résistance de la colonne, mais la courbure lombaire, à *concavité dorsale*, n'existe chez aucun autre mammifère; elle est intimement liée à ce fait que l'homme se tient debout sur ses membres abdominaux, les yeux regardant franchement en avant; en un mot, *la courbure lombaire est en rapport chez l'homme avec son attitude verticale ou bipède*.

Le corps des vertèbres supporte le poids de la tête et du tronc; aussi une station prolongée ou la fatigue ont-elles pour effet de comprimer les disques intervertébraux et de raccourcir la taille de 1 à 2 centimètres.

Le poids des viscères thoraciques et abdominaux tend constamment à écarter les lames vertébrales, de même que tout mouvement de flexion ventrale exagère cet écartement. Grâce aux ligaments jaunes, dont j'ai parlé plus haut, et qui sont formés de

fibres éminemment élastiques, l'écartement peut se faire ; mais, dès que la cause qui a amené la flexion cesse d'agir, les ligaments reviennent, en vertu de leur élasticité, à leurs dimensions primitives ; ils redressent la colonne vertébrale, sans qu'il y ait besoin de l'action des muscles du dos.

Cet aperçu fait voir combien la colonne vertébrale *fraiche* diffère de celle qui n'est représentée que par les vertèbres du squelette osseux ou monté artificiellement. Il nous montre comment elle représente l'axe solide du corps, comment elle devient un soutien souple et élastique. *Par sa solidité*, elle protège, chez tous les vertébrés, la moelle épinière, et soutient le poids de la tête et des organes thoraciques et abdominaux. *Par sa mobilité*, la colonne vertébrale devient une tige flexible qui associe et centralise les mouvements partiels des diverses régions du corps.

MUSCLES

Les muscles, qui sont les agents actifs du mouvement, peuvent être divisés en muscles de la *vie végétative* (cœur, tube digestif, etc.) et *muscles de la vie animale*. Ceux-ci servent essentiellement à la locomotion. Ce sont les organes actifs de la locomotion. Les organes passifs de cette fonction sont formés par les os, sortes de leviers mus par les muscles.

Le nombre des os est environ de 200 et celui des muscles est deux fois et demie plus fort. Comme les os, les muscles se distinguent d'après leurs dimensions en *longs*, *larges* et *courts*.

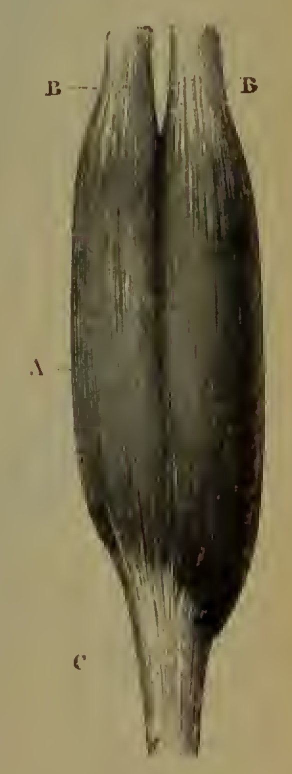


Fig. 121. — Biceps.

A, partie charnue du muscle ; BB, les deux chefs supérieurs ; C, le tendon inférieur.

Muscles au repos et à l'état d'activité. — A la partie antérieure du bras se trouve un muscle dont le nom est connu de tout le monde : c'est le *biceps*. Il est composé, comme les autres muscles, de deux parties distinctes : l'une rouge, molle, *charnue* (fig. 121, A), muscle proprement dit ; et l'autre, blanchâtre, ferme, le *tendon* B,B ,et C. La partie charnue du biceps est allongée et

fusiforme; elle se continue en haut et en bas par le tissu tendineux. En haut, le biceps se bifurque, et chaque bout ou *chef* BB se continue par un tendon allant s'attacher séparément à un endroit différent de l'omoplate. En bas, le tendon unique C, qui termine le biceps, s'insère à une saillie de l'extrémité supérieure du radius (fig. 122). Les tendons sont formés de fibres conjonctives parallèles.



Fig. 122. — Biceps à l'état de repos (figure inférieure); à l'état de contraction (figure supérieure).

Tel est le biceps à l'*état de repos*. Sous l'influence de la volonté, nous pouvons changer la forme de la portion musculaire du biceps. Alors nous la voyons devenir plus courte, plus épaisse, comme globuleuse. En se raccourcissant, le biceps gagne en épaisseur et en largeur ce qu'il a perdu en longueur[1]. C'est là le muscle à l'*état*

1. Les Anciens, qui étaient d'excellents observateurs, avaient été frappés, lorsqu'ils voyaient exécuter un mouvement, du changement de forme des chairs

d'activité, le caractère essentiel de la contraction musculaire. Les tendons, par contre, ne changent ni de longueur, ni de largeur, ni d'épaisseur. Ils constituent des cordes inextensibles, et leur forme demeure invariable. Aussi voyons-nous, à la suite de la contraction du biceps, l'omoplate étant fixe, le radius et le cubitus de l'avant-bras se mouvoir sur l'humérus et la face antérieure de l'avant-bras se rapprocher de celle du bras en formant un angle de plus en plus aigu. Le résultat de la contraction du biceps est la flexion de l'avant-bras sur le bras. Dès que la contraction cesse, le muscle reprend de lui-même sa forme primitive; il revient à l'état de repos.

Nous voyons donc que les muscles sont *contractiles* et *élastiques*.

Les muscles sont les agents actifs du mouvement. — En répétant cette expérience, chacun peut sentir à volonté la forme globuleuse et la plus grande consistance du biceps pendant la contraction, en même temps qu'il peut s'assurer, dans le pli du coude, de la tension notable que subit le tendon terminal sous l'influence de la contraction du muscle.

« Le muscle à l'état de contraction, dit M. Chauveau, peut être comparé à un morceau de caoutchouc doué d'une élasticité parfaite. En se raccourcissant pendant la contraction, le muscle entraîne des charges plus ou moins considérables....

« Le muscle contracté est un organe qui a subitement acquis une très grande élasticité. C'est à cette propriété *acquise* que le muscle doit le pouvoir de faire du mouvement. L'acquisition de cette propriété est le résultat du travail physiologique du muscle, c'est-à-dire de la contraction.

« Le muscle contracté et soutenant un poids représente une force élastique qui fait équilibre au poids soutenu.

« Le raccourcissement du muscle s'accompagne d'un épaississement. En somme, la contraction produit dans le muscle un changement de forme, qui est d'autant plus prononcé que cette contraction est plus complète.

« Le travail physiologique du muscle consiste à créer de l'élasticité, qui soutient, soulève ou abaisse les charges. »

Structure du muscle. — La portion fondamentale de la sub-

se propageant et semblant courir sous la peau. Comparant ce déplacement des chairs sous la peau aux mouvements d'un rat, les Latins se servaient du diminutif *musculus* (petit rat) pour désigner le muscle et la souris. De même en français, comme le remarque Littré, on donne le nom de *souris* aux muscles avoisinant l'os dans le gigot de mouton.

Les Latins désignaient aussi sous le nom de *lacertus* (lézard) le muscle biceps du bras, qui a la forme allongée et les mouvements rapides du lézard.

stance musculaire est formée de faisceaux rouges, parallèles les uns aux autres. En isolant, à l'aide d'aiguilles, les filaments d'un faisceau, on voit que chacun se compose de fibres longues de plusieurs centimètres et si minces (leur diamètre varie de 1 centième à 1 dixième de millimètre) qu'elles sont à peine visibles à l'œil nu.

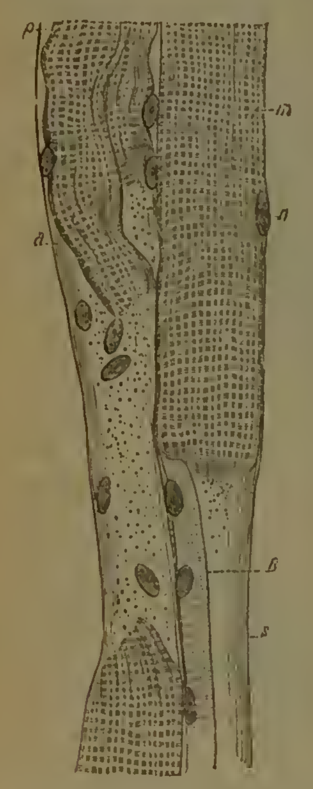


Fig. 123. — Deux fibres musculaires montrant la substance striée (m) et l'enveloppe (s), visible parce qu'on a fait écouler la substance musculaire par compression.

En les examinant au microscope (fig. 123 et 124), on voit qu'elles présentent une striation transversale qui est caractéristique et qui leur a valu le nom de *fibres striées*. Chaque fibre est entourée d'un manchon hyalin, élastique (*s*), le *sarcolemme* (*sarx*, chair; *lemma*, pelure). De distance en distance, on aperçoit en outre un *noyau* (*n*), entouré d'un peu de protoplasma, reste de la cellule formatrice (voir p. 11).

On peut, au moyen d'aiguilles, décomposer chaque fibre musculaire en une quantité de fibrilles d'une finesse extrême, visibles seulement aux forts grossissements. Ces fibrilles, en se juxtaposant, déterminent une légère striation en long. Au microscope, chaque fibrille (fig. 125), quoique continue, laisse reconnaître deux substances, qui se présentent sous la forme de disques superposés. Ces disques sont alternativement *sombres* (*a*) et *clairs* (*c*). Ajoutons que le disque clair est divisé en deux par une fine bandelette plus foncée (*b*). Dans une fibre musculaire, les disques sombres des fibrilles juxtaposées sont situés tous au même niveau; les disques clairs se correspondent également. De cette disposition résulte l'aspect carac-

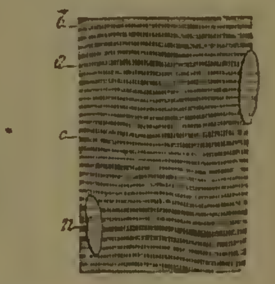


Fig. 124. — Fibre musculaire où l'on voit les disques sombres et les disques clairs former des bandes alternativement sombres et claires; *n*, noyau.

téristique (fig. 123 et 124) qui fait reconnaître immédiatement et sûrement le muscle strié.

La contraction consiste dans un changement de forme de la substance musculaire. — *A l'état de repos*, le disque sombre est plus épais, c'est-à-dire plus haut, que le disque clair (fig. 125). Pour savoir ce qui se passe dans la substance musculaire au moment de la contraction, prenons un lapin *vivant* : étendons son avant-bras sur le bras dépouillé de sa peau et faisons passer un courant électrique par le biceps. Les fibres musculaires se contractent, mais ne peuvent se raccourcir, puisque les deux bouts du muscle sont fixés et tendus. Si l'on conserve la fibre musculaire sous cette forme *contractée* en la fixant à l'aide d'un réactif, et si on la compare à la fibre musculaire *au repos*, on voit que, dans la fibre à l'état de contraction, les disques sombres sont *moins* hauts : ils ont pris une forme presque sphérique.



Fig. 125. — Deux fibrilles musculaires, à l'état de repos. *a*, disque *sombre* ; *b*, strie sombre occupant le milieu du disque *clair*.

Le changement de forme dans le muscle contracté est donc dû à la diminution de hauteur des disques sombres. Ce sont les disques sombres qui constituent l'élément *actif* de la fibre musculaire. Ils rendent celle-ci plus *élastique* : c'est là ce qui permet au muscle de soutenir, de soulever ou d'abaisser des charges.

Quand la contraction cesse, les disques sombres, et partant le muscle tout entier, reprennent leurs dimensions et leur forme primitives.

Chez l'être vivant, c'est la volonté qui détermine la contraction des muscles de la vie animale ; mais on peut produire des contractions en pinçant ou en frappant la fibre musculaire, ou bien encore en y faisant passer un courant électrique, etc., etc.

Myographes. — La propriété de se contracter appartient à la substance musculaire elle-même et est appelée *irritabilité musculaire*. Au moyen de certains appareils, on est parvenu à enregistrer et à faire inscrire par le muscle lui-même sa propre contraction. Il écrit lui-même le tracé, qui reste comme la photographie des mouvements qu'il a exécutés. Ces instruments portent le nom de *myographes* (*mys*, muscle ; *graphéin*, écrire) (fig. 126).

Le principe en est bien simple : Un levier L est fixé sur une plaque métallique ; il peut se mouvoir dans un plan horizontal. Le muscle (ou la grenouille tout entière) est attaché sur une

plaque de liège (C) et le tout se meut sur un chemin de fer (B) devant un cylindre recouvert de noir de fumée. Le cylindre enregistreur (A) est animé d'un mouvement tournant.

On abolit les mouvements volontaires de la grenouille en sec-

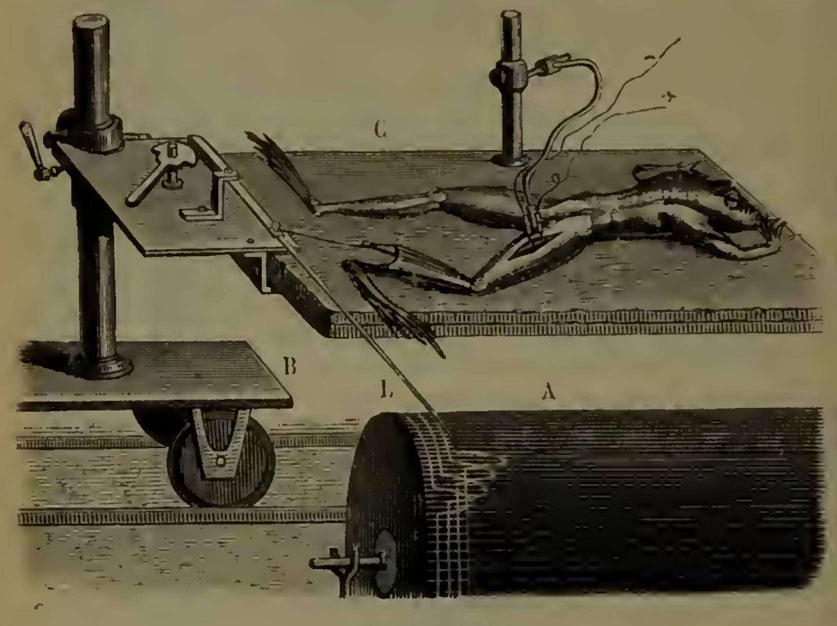


Fig. 126. — Myographe.

tionnant la moelle, et l'on relie le tendon d'Achille au levier au moyen d'un fil. La pointe écrivante du levier trace, tant que les muscles du mollet sont au repos, une ligne qui représente une hélice continue. Dès qu'une excitation passe sur les muscles, ils se raccourcissent, attirent le levier, dont la pointe oscille et inscrit une courbe qui est l'image du raccourcissement.

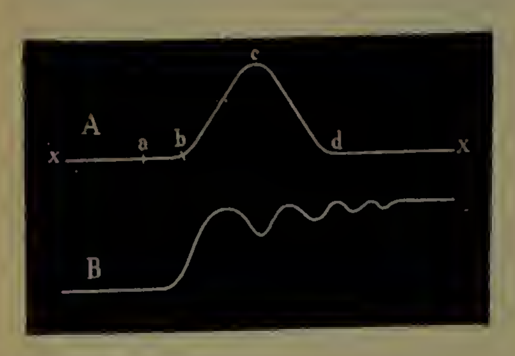


Fig. 127. — A. Graphique de la contraction musculaire. — B. Tracé du tétanos physiologique.

En analysant la courbe qu'on obtient après une seule excitation brusque et courte, on voit qu'une contraction, ou *secousse musculaire*, se compose des temps suivants (fig. 127, A) : 1° un temps

très court *ab* où l'excitant n'a pas agi; il lui faut, en effet, quelque temps pour agir sur le muscle : c'est la période d'*excitation latente* (*latent*, caché); puis 2° la période de *raccourcissement* de la fibre musculaire, représentée par la ligne ascendante *bc*; 3° le retour à sa première forme, figurée par la ligne descendante *cd*, revenant au niveau de la ligne XX. Si une deuxième excitation, puis une troisième, et d'autres encore, succèdent à la première avant que le muscle soit revenu au repos, il se contracte une deuxième et une troisième fois avant de reprendre sa forme première. Le tracé indique alors une série d'ondulations telles que celles de la figure 127, B. C'est là ce qu'on appelle le *tétanos physiologique* (*tétanos*, tendu). Ce tracé indique la forme de la contraction où les secousses se fusionnent. Il faut 30 excitations par seconde pour produire le *tétanos physiologique*.

Transformation de la force. — L'aptitude d'un corps à vaincre les obstacles est appelée *énergie*. Elle peut se manifester sous la forme de *force vive* ou de travail[1].

Une pierre immobile sur un appui et située à une hauteur déterminée n'est pas du tout dans les mêmes conditions, au point de vue de l'énergie, qu'une pierre de même poids qui serait immobile sur le sol. En effet, si nous supprimons l'appui de manière à laisser tomber la première pierre, elle acquerra, par le seul fait de sa chute, une énergie *en acte* ou *de mouvement*. Par conséquent, dans sa position initiale, la pierre, tout immobile qu'elle était, possédait à l'*état latent*, ou en puissance, l'énergie qui s'est ensuite manifestée dans sa chute. C'est à cette sorte d'énergie, énergie tranquille et comme emmagasinée dans le corps, qu'on a donné le nom d'*énergie potentielle* (*potentia*, en puissance), par opposition à l'énergie *en acte* ou *énergie actuelle*.

Toute cause capable de produire le mouvement et de le modifier est appelée *force*. La pesanteur, tout comme l'action des muscles, est une force. La sensation de l'effort nous donne la notion de force.

Un corps qui tombe librement cause au terme de sa course un effet numérique représenté par le produit de la moitié de sa masse (M) par le carré de la vitesse acquise V^2 dont il est animé $\left(\frac{1}{2} M V^2\right)$. Le travail effectué prend le nom de *force vive*.

Il existe entre le travail effectué par une force vive ou travail mécanique et la force vive un rapport naturel de transformation réciproque.

Un boulet en fonte est lancé par un canon contre un obstacle matériel, un massif de maçonnerie : l'agent moteur est une masse gazeuse élevée à une haute température. Le travail dépensé se transforme en force vive $\left(\frac{1}{2} M V^2\right)$, force initiale du boulet.

L'obstacle lui oppose une résistance que le boulet surmonte : celui-ci pénètre ainsi dans le massif jusqu'à ce que sa vitesse soit anéantie. Le boulet surmonte un travail résistant égal à sa force vive $\left(\frac{1}{2} M V^2\right)$.

1. Voyez Ganot, *Traité de physique*.

La force vive s'est donc transformée en travail ; c'est ce travail qui constitue le dégât.

Cet exemple montre que la force se conserve dans la nature : le mouvement se transforme en chaleur et inversement la chaleur se change en mouvement.

Le frottement de deux corps produit de la chaleur : c'est le procédé par lequel les peuples primitifs se procurent du feu. Inversement, dans la machine à vapeur, la combustion du charbon produit de la vapeur d'eau, qui, à la température de l'ébullition, acquiert de la force élastique. Introduite dans cet état sous le piston, elle le soulève et se transforme, en se refroidissant, en effort mécanique. Rien ne se perd.

Donc *la chaleur devient du mouvement*. Dès 1798, Rumford, ingénieur à Munich, le prouva au moyen d'un appareil dans lequel un pilon d'acier, mû par deux chevaux, frottait fortement contre le fond d'un cylindre creux en fer. L'eau qui recouvrait le pilon s'échauffait et passait de 15° à 100° en deux heures et demie.

C'est au médecin allemand Mayer (1842) que revient le mérite d'avoir le premier montré les relations étroites du travail dépensé et de la chaleur produite. Depuis, on les a déterminées exactement en les mesurant.

A une *unité de travail dépensé*, c'est-à-dire à la somme de travail qu'il faut développer pour soulever un poids à une certaine hauteur, correspond une quantité déterminée de chaleur, toujours la même. Développer la quantité de chaleur nécessaire pour élever de zéro à 1 degré la température de 1 kilogramme d'eau, et soulever un poids de 425 kilogrammes à 1 mètre de hauteur, c'est produire deux effets équivalents.

Expériences semblant montrer que la chaleur animale se transforme en mouvement. — Dès qu'on sut que la chaleur qui disparaît n'est pas détruite, mais qu'elle se transforme en travail, on songea à appliquer ce principe de la conservation de la force à la machine animale. On eut l'idée de comparer tout animal à une sorte de machine à vapeur.

L'ingénieur Hirn (de Colmar) a institué sur l'homme, dès 1845, une série d'expériences sur l'équivalence thermique de la machine animale.

Il mesura à la fois la quantité d'oxygène consommé, la chaleur sensible dégagée et le travail produit par un homme dans un temps donné. Un homme qui monte un escalier soulève le poids de son corps par la contraction de ses muscles : le travail accom-

pli est égal au produit du poids de son corps par la hauteur de l'ascension.

Hirn a déterminé la *chaleur sensible* que produit, *pour chaque gramme d'oxygène* consommé, un homme 1° au repos, 2° pendant le travail d'ascension, et 3° pendant le travail de descente.

La quantité d'oxygène consommé augmente chez l'homme qui monte, ses combustions sont plus actives, mais chaque gramme d'oxygène développe une *moins grande* quantité de chaleur sensible que pendant le repos. La quantité de chaleur qui disparaît apparaît sous forme de travail mécanique. Quand l'homme descend un escalier, ses muscles se contractent pour contre-balancer la vitesse que la pesanteur communique à son corps. Chez l'homme qui descend, la chaleur sensible est supérieure à l'échauffement produit par le travail musculaire de l'homme qui monte.

D'une série d'autres expériences analogues on crut pouvoir établir que le muscle s'échauffe plus, lorsqu'il se contracte sans produire un travail extérieur, que quand il déplace ou soulève un poids.

On conclut de ces faits que la partie de chaleur *disparue* a été dépensée en travail mécanique. En d'autres termes, le travail musculaire serait une transformation de chaleur; la chaleur serait intermédiaire entre les réactions chimiques initiales et le travail. Le muscle serait un *moteur animé* qui, comme la machine à vapeur, utilise de la chaleur pour produire du travail. Si le muscle contracté n'exécute point de *travail extérieur utile*, la chaleur consommée par le travail intérieur dont s'accompagne la contraction reparaît à l'état de *chaleur sensible* quand le muscle se relâche.

Expériences de M. Chauveau. — Les actes chimiques augmentent dans les muscles qui se contractent. — Les expériences mieux conduites de M. Chauveau lui ont permis d'envisager le problème d'une tout autre manière. Le muscle qui se contracte est le siège d'une accélération considérable de la circulation. Le muscle reçoit en moyenne cinq fois plus de sang dans l'état d'activité que dans l'état de repos. Cette suractivité de la circulation est en rapport avec la suractivité des combustions, sources du travail physiologique du muscle.

L'élévation de température, constatée par le thermomètre appliqué sur la peau, est due à deux causes : il se produit plus de chaleur sur place, et le sang, également un peu plus chaud dans les membres et les tissus qu'il irrigue, en apporte davantage. Le sang recueilli pendant le repos du muscle est de couleur plus claire que le sang de la période de contraction, pendant laquelle le sang

est noir. Après ces constatations préliminaires, M. Chauveau a étudié comparativement, chez le cheval, les *deux muscles releveurs* de la lèvre supérieure.

Le releveur d'un côté accomplissait un travail extérieur, celui de l'autre côté se contractait autant de fois et aussi énergiquement que l'autre, mais il fonctionnait *à vide*, grâce à la section du tendon qui le reliait à la lèvre supérieure.

Dans ces conditions, il a constaté le fait remarquable suivant : le muscle qui se contracte *à vide*, sans faire aucun travail extérieur, avec la même vigueur que s'il en produisait, absorbe la même quantité d'oxygène et rend la même quantité d'acide carbonique que celui de l'autre côté.

Le muscle ne se contracte donc pas seulement pour produire un effet utile. Il ne se contracte pas non plus pour s'échauffer. La véritable fonction, le *travail* du muscle, consiste à se contracter, c'est-à-dire à se raccourcir pour produire de l'élasticité. Le travail mécanique ou extérieur, qui est de produire du mouvement, n'est pas la raison d'être du fonctionnement du muscle.

Comme la contraction *à vide* de l'organe n'entraîne aucune modification dans la manière dont cette contraction s'exécute, il faut admettre, avec M. Chauveau, que la contraction n'est qu'un mode de manifestation de l'énergie.

Le travail physiologique du muscle est la mise en jeu de sa contractilité. En développant de l'élasticité, il peut produire un travail mécanique et la chaleur sensible qui accompagne ce dernier.

A quelle transformation *prochaine d'énergie* est dû *le travail physiologique*, c'est-à-dire *la mise en jeu de la contractilité du muscle*?

« Ce sont, comme on sait, dit M. Chauveau, les *ingesta* (*ingesta*, choses introduites), aliments d'une part, de l'air d'autre part, qui forment le fonds général où tous les organes puisent l'énergie nécessaire à leur fonctionnement. Le tissu musculaire, comme tous les autres, contient, dans l'intimité de sa trame, l'énergie potentielle puisée à cette source commune; la combinaison de l'oxygène, corps comburant, avec les matières combustibles du tissu, d'autres combinaisons moins importantes, transforment cette énergie potentielle en énergie actuelle : voilà autant de points sur lesquels tout le monde est d'accord. On s'entend moins sur ce qui se passe ensuite : les uns pensent que les réactions chimiques dont il vient d'être question engendrent de la chaleur, qui se transforme ensuite en travail physiologique; les autres estiment que la transformation préalable en chaleur est parfaitement inutile et que l'énergie chimique peut devenir directement de

l'énergie physiologique. C'est à cette dernière opinion que l'ensemble des faits donne raison. »

L'acte chimique est la cause de la chaleur et de l'énergie musculaire. — La contraction musculaire est une dérivation directe du travail chimique s'effectuant dans le muscle; plus le travail physiologique est grand. plus il y a d'actes chimiques.

« La fin du travail physiologique est une transformation en travail mécanique extérieur d'une part, en chaleur sensible d'autre part. Celle-ci retourne au monde extérieur par le rayonnement, la transpiration cutanée et l'évaporation pulmonaire. Chez les animaux forcés à la chasse, le travail physiologique devient des plus actifs; la chaleur sensible devient si considérable, qu'elle s'accumule dans le corps et devient nuisible. Ces animaux présentent des troubles semblables à ceux qu'on observe chez les animaux dont on surchauffe la température de 5° à 6°. C'est là ce qui se passe également chez les animaux surmenés.

« Ainsi, l'énergie que, pour accomplir leur travail physiologique intérieur, les muscles empruntent au monde extérieur, est restituée tout entière à celui-ci, non seulement sous forme de travail mécanique, mais encore et surtout sous forme de chaleur sensible. Sous cette dernière forme, en quelque sorte excrémentielle, l'énergie qui a traversé l'économie animale ne semble plus pouvoir être utilisée par celle-ci. On dirait que l'énergie arrive au dernier terme d'un cycle qui, une fois parcouru, l'amène à une porte de sortie définitive.

« Cette transformation et cette migration ultimes de l'énergie n'ont pas lieu toutefois sans rendre un dernier service à l'animal. C'est évidemment la chaleur sensible ainsi créée qui entretient la température propre du corps et en assure la constance chez les animaux à sang chaud. »

Quand les muscles produisent une grande quantité de travail, ils sont le siège d'un refroidissement. Ce fait a été invoqué en faveur de la théorie qui admet que la chaleur, sensible au thermomètre, se transforme en travail. Mais il comporte une tout autre explication : *un muscle qui s'allonge, sous l'influence d'une charge ou de la fatigue, se refroidit.*

Le muscle est incapable de transformer la chaleur en mouvement. La contraction musculaire crée de la force élastique, qui est une forme transitoire de l'énergie. Toute énergie procède de la force vive. chimique, que la contraction musculaire met en jeu; elle se retrouve dans la force élastique créée et entretenue par la contraction.

Rôle des muscles dans les mouvements particuliers. — Nous avons vu comment les côtes, en s'appuyant sur les vertèbres thoraciques et en se réunissant du côté ventral au sternum, forment la poitrine. De celle-ci partent des lames qui s'attachent au bassin et à la région lombaire et circonscrivent la *cavité de l'abdomen.*

Les diverses parties précédentes constituent la partie centrale du corps ou *tronc*, sur lequel s'appuient les membres.

Une revue rapide nous mettra à même de nous faire une idée des parties molles du tronc et de leur rôle dans les mouvements.

En enlevant la peau, on trouve sur la face ventrale du tronc les masses charnues ou muscles suivants : le *muscle grand pectoral* (Pl. IV, 14), qui s'étend de la partie supérieure et interne de la poitrine à la partie supérieure de l'os du bras. Il rapproche le bras du tronc lorsque celui-ci est fixe, ou élève les côtes lorsque le bras sert de point d'appui.

Sur l'abdomen, nous voyons, de chaque côté de la ligne médiane, une large bande, le *grand droit antérieur* qui s'étend verticalement des cartilages costaux (*creux de l'estomac*) au bassin. En se contractant, il abaisse la poitrine et fléchit le tronc.

En dehors du *grand droit antérieur*, nous apercevons une nappe (16) musculaire en haut et en dehors, blanche et fibreuse (17), c'est-à-dire *tendineux*, en bas et en dedans : c'est le muscle *grand oblique*. En haut il s'attache par une série de languettes aux neuf dernières côtes, et en bas il se fixe au bassin. En se contractant, il abaisse les côtes et fléchit le tronc en avant.

Ce plan musculaire superficiel est doublé à la poitrine et à l'abdomen par d'autres muscles plus profonds, qui complètent et renforcent l'action du premier.

Sur la face dorsale du tronc, nous voyons s'étendre, entre les deux épaules, sur le cou et jusqu'à la tête, un *muscle triangulaire*, le *trapèze* (9) ; il s'attache à l'occipital, puis, en descendant, à toute l'épine dorsale jusqu'au bas du dos. De là ses fibres vont se porter en dehors pour s'attacher aux os de l'épaule. Les deux muscles dessinent sur le dos une sorte de *capuchon de moine* ou de *fichu* (voir aussi fig. 15, 5, page 24).

Sur la partie postérieure et inférieure du tronc, le *grand dorsal* (Pl. VI, 12) s'étend du bassin, de l'épine dorsale (lombes et dos) à la face externe des dernières côtes, pour se rendre derrière l'aisselle et se fixer au bras. Il tire le bras en bas, en arrière et en dedans.

Tels sont les muscles superficiels du dos et de la nuque. Au-dessous se trouvent d'autres couches musculaires ; la partie moyenne est formée de muscles qui s'étendent de la colonne vertébrale, les uns à la tête, les autres à l'épaule, d'autres encore aux côtes. Ils agissent en élevant ou abaissant ces organes.

Au point de vue de la mécanique de la colonne vertébrale, c'est surtout la couche profonde de la face postérieure du tronc qui est intéressante.

STATION

Agents de la station. — Dans la gouttière formée de chaque côté de l'épine dorsale se trouvent logées des masses musculaires puissantes. Après avoir enlevé la peau et les muscles superficiels du dos, on aperçoit dans la gouttière vertébrale des régions lombaire et sacrée (fig. 128) une lame nacrée très épaisse, qui s'attache (1), en dedans à l'épine dorsale depuis le coccyx jusqu'à

Muscles superficiels du corps.

1° **Muscles de la tête et du tronc.** — 1, muscle *frontal*, plissant la peau du front en travers; c'est le *muscle de l'attention*; — 2. *auriculaires*, à l'état de rudiment, de l'homme; — 3. *orbiculaire palpébral*, disposé en anneau autour de l'orifice des paupières; il produit, en se contractant, la fermeture de cet orifice; — 4, *masséter*, l'un des muscles de la mastication; — 5. *orbiculaire des lèvres*, dans l'épaisseur desquelles il est situé et qu'il rapproche en se contractant, de sorte que la bouche est fermée; — 6, muscle compris dans la peau du cou ou *peaucier du cou*; — 7, *sterno-cléido-mastoïdien*, qui s'attache en bas au sternum, à la clavicule (*cléis, cléidos*), et en haut à une saillie ou mamelon (*mastos*) du temporal. En se contractant avec celui du côté opposé, il fléchit la tête; si celui d'un côté se contracte seul, il incline et tourne la tête de son côté; — 8, *splénius*, muscle large et mince comme une compresse (*splenion*, compresse), occupant la partie dorsale du cou et du tronc; en se contractant avec celui du côté opposé, il renverse la tête en arrière; — 9. *trapèze*, muscle en forme de trapèze situé à la partie dorsale et supérieure du tronc; il agit soit sur le moignon de l'épaule, soit sur la tête; — 10. *rhomboïde*, muscle situé sous le trapèze et en forme de rhombe; il abaisse le moignon de l'épaule; — 11, *grand rond*, étendu de l'omoplate à l'humérus; il porte le bras en dedans et en arrière; — 12, *grand dorsal*, étendu du tronc à l'humérus: il agit en partie comme le précédent; — 14, *grand pectoral*, étendu de la partie antérieure et supérieure de la poitrine à l'humérus; il rapproche le bras du tronc et le porte en avant; — 15, *grand dentelé*, découpé en dents, s'attachant d'une part, par une série de faisceaux en forme de doigts, sur les côtes et allant s'insérer, d'autre part, à l'omoplate, qu'il fixe et à laquelle le muscle imprime divers mouvements. — 16, *grand oblique*, muscle large placé dans la paroi du ventre, s'attachant sur les côtes et sur le bord supérieur de l'os coxal; il se termine par une large aponévrose (17), qui se continue sur la ligne médiane avec celle du grand oblique de l'autre côté; — 18, *moyen fessier*; — 19, *grand fessier*; — 20, *tenseur de l'aponévrose* de la cuisse (coupé).

2° **Muscles du membre thoracique.** — 21, *deltoïde*, muscle ayant la forme de la lettre grecque Δ, étendu des os de l'épaule à l'humérus; il élève le bras et l'éloigne du tronc; — 22, *biceps* du bras; il fléchit l'avant-bras sur le bras. — 23, *brachial antérieur*, étendu de l'humérus au cubitus: il fléchit aussi l'avant-bras sur le bras. — 24, *triceps brachial*, situé à la face dorsale du bras; en haut, il possède trois chefs, l'un l'attachant à l'omoplate et les deux autres à l'humérus: en bas, il s'insère à la saillie du coude; il étend l'avant-bras sur le bras. — 25, *cubital postérieur*, allant de l'humérus au cinquième métacarpien; il fléchit la main en arrière; — 26, *extenseur commun des doigts*; — 27 et 27', premier et second *radial*, allant de l'humérus (bord radial) aux deuxième et troisième métacarpiens; ils fléchissent la main en arrière. — 28, *long supinateur*, étendu de l'humérus (bord radial) à l'extrémité inférieure du radius. Il fléchit l'avant-bras sur le bras; — 29, *long abducteur du pouce*. Il s'attache en haut à la face postérieure de l'avant-bras, et, en bas, au premier métacarpien; il écarte le pouce des autres doigts.

3° **Muscles du membre abdominal.** — 30, *couturier* du côté droit; 30', *couturier* du côté gauche. Il s'attache, en haut, à l'os coxal, descend le long de la cuisse en se dirigeant vers la partie interne de la jambe, où il s'attache au tibia. Il fléchit la jambe sur la cuisse et place la cuisse dans l'attitude du tailleur en train de coudre. — 31, *droit antérieur de la cuisse*; — 32, *vaste externe* et *crural*; — 33, *vaste interne*. Ces quatre masses musculaires (31, 32 et 33), formant le quadriceps crural, dont la première part du coxal et les autres du fémur, se terminent en bas par un tendon commun qui s'attache au tibia. — 35, *Jumeaux externe* et *interne*; — 36, 36', *soléaire*; — 37, *tendon d'Achille*; — 38, *péronier latéral*; — 39', *péronier antérieur*; — 40, *jambier antérieur*; — 41, *extenseur commun des orteils*, avec ses tendons 41'; — 42, *fléchisseur commun des orteils*; — 43, *abducteur du gros orteil*. *La*, ligament annulaire du tarse; *R*, rotule; *T*, tibia.



la région thoracique, en dehors aux parties latérales du sacrum et du coxal. La face dorsale de cette lame donne attache à une masse charnue dite *masse commune*. C'est le *faux-filet* du bœuf, du mouton, etc. Elle occupe toute la gouttière vertébrale de la région sacrée et lombaire; plus haut, elle se divise en plusieurs faisceaux : les externes (2) vont aux côtes, les moyens (3) s'attachent sur les côtés des vertèbres lombaires et thoraciques; d'autres enfin, les plus internes, sont disposés en arc et se rendent des apophyses épineuses de la région lombaire à celles de la région thoracique.

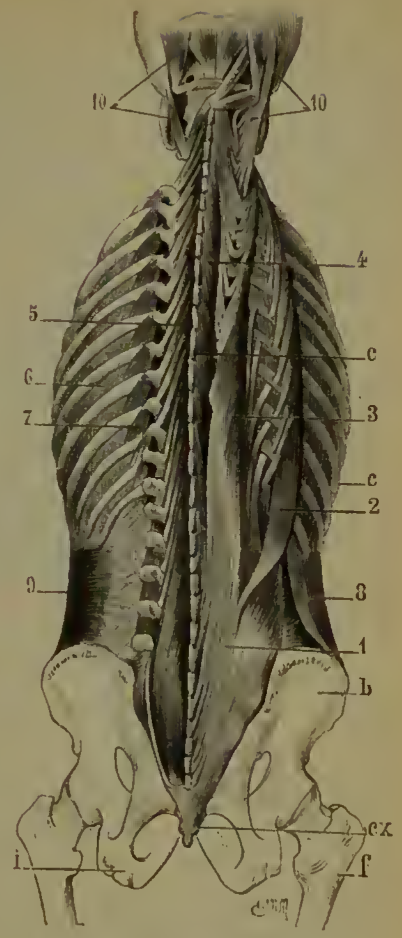


Fig. 128. — Muscles profonds de la face postérieure du tronc.

1. aponévrose de la masse commune; 2, muscle sacro-lombaire (récliné en dehors); 3, long dorsal (faisceaux externes); 4, ses faisceaux internes; 5, muscles allant des apophyses transverses à l'épine du dos (e); 6, muscles intercostaux externes; 7, muscles surcostaux; 8, muscle grand oblique; 9, muscle transverse de l'abdomen; 10, muscles allant de la nuque à l'occipital (tête); *cx*, coccyx; *b*, os coxal; *i*, tubérosité sciatique de cet os; *f*, fémur; *c*, côtes.

Enfin, si l'on enlève les faisceaux musculaires de la masse commune, on trouve que le fond des gouttières vertébrales, aussi bien dans les lombes que dans le dos et le cou, est occupé par une série de muscles qui vont, de bas en haut et de dehors en dedans, des parties latérales des vertèbres au sommet des apophyses épineuses (5).

Il est facile de voir que ces muscles, en se contractant d'un seul côté, inclinent la colonne vertébrale de leur côté; si les muscles de droite et de gauche agissent en même temps, ils renversent la colonne vertébrale du côté dorsal ou la redressent quand elle est fléchie. On prévoit leur action dans la position assise ou la station debout; aussi atteignent-ils chez l'homme

un développement plus marqué que chez les quadrupèdes.

En étendant un homme sur une planche horizontale placée en équilibre sur un couteau horizontal, on voit que la planche ainsi chargée reste en équilibre, c'est-à-dire horizontale, lorsque l'arête du couteau passe par la 5e vertèbre lombaire. C'est donc là que se trouve le *centre de gravité du corps*. Pour l'homme, comme pour les corps, il est en équilibre sur une surface chaque fois que son centre de gravité tombe verticalement dans l'espace que déterminent les *points* par lesquels il touche la surface : c'est la *base de sustentation*.

Plus la base de sustentation est large, plus l'équilibre est stable. Nous nous étendons horizontalement pour prendre du repos ; cette attitude est celle du sommeil. Les muscles peuvent alors se mettre dans le relâchement.

Station assise. — Dans l'*attitude assise*, le poids de la colonne vertébrale se transmet au bassin, qui appuie sur deux masses osseuses du coxal (*tubérosités sciatiques* (fig. 128, *i*). Le sacrum est enclavé en manière de coin entre les os coxaux. La colonne vertébrale et le sacrum sont unis au bassin par des ligaments et des articulations d'une façon si solide, qu'on peut considérer le bassin comme formant un tout unique avec le sacrum.

Lorsque nous sommes assis, non appuyés par le dos ni par les bras, la base de sustentation est bien moins large que dans la position couchée, et l'équilibre n'est pas indépendant de toute contraction musculaire. En effet, la tête repose sur la colonne vertébrale, son point d'appui étant à l'articulation de l'atlas avec l'occipital. Les parties situées en arrière du point d'appui sont plus légères que celles qui se trouvent en avant. Aussi les muscles de la nuque sont-ils obligés de se contracter pour maintenir l'équilibre dans l'attitude assise. Quoique ressemblant au repos, la station assise nécessite un certain effort ; il suffit, pour s'en convaincre, d'examiner une personne surprise dans cette position par le sommeil : la tête s'incline et fait une chute en avant chaque fois que les muscles de la nuque se relâchent.

En résumé, les muscles des gouttières vertébrales agissent pour déterminer la rectitude de la partie du corps étendue du bassin à l'occiput. Ils sont singulièrement soulagés par l'énergie des ligaments jaunes (fig. 120, *l*).

Articulations du membre abdominal. — Après l'étude de l'attitude assise, il nous reste à voir comment le tronc peut rester en équilibre sur les deux pieds immobiles ou bien en train de se déplacer, comme dans la marche.

Le membre abdominal est uni au bassin par une articulation des plus mobiles, l'articulation *coxo-fémorale* (*coxa*, hanche).

La cuisse et la jambe sont réunies par l'articulation du genou, et l'articulation du cou-de-pied réunit le pied à la jambe.

Articulation coxo-fémorale. — La face superficielle de l'os coxal présente, comme le montre la figure 129, où l'articulation est

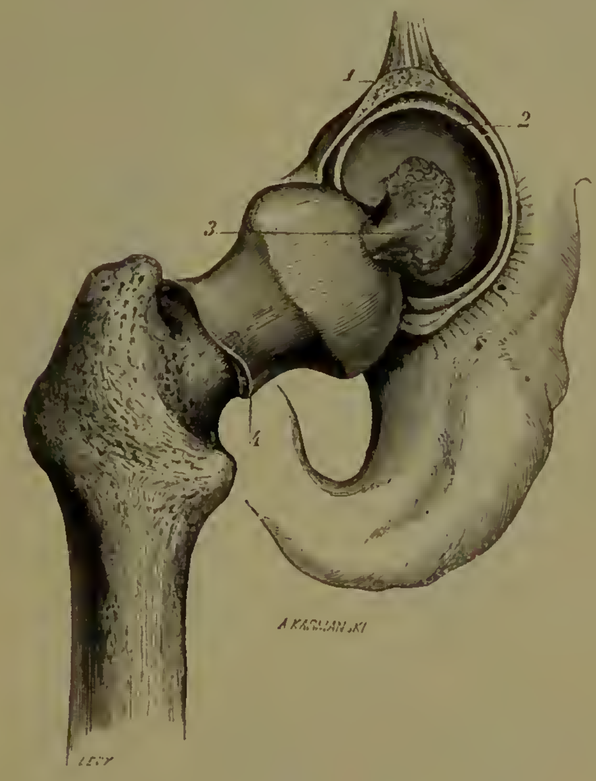


Fig. 129. — Articulation coxo-fémorale (ouverte).

1. extrémité supérieure de la capsule articulaire (sectionnée); 2. rebord de la cavité cotyloïde; 3. ligament rond; 4. extrémité inférieure de la capsule articulaire, au point où elle s'attache sur le col du fémur.

ouverte, une large cavité, dite *cotyloïde* (*cotylé*, écuelle), recouverte de cartilage, sauf au fond, où se trouve logée une masse de graisse. Un faisceau fibreux, le *ligament rond* (3), rattache la tête du fémur au pourtour de l'arrière-fond de la cavité cotyloïde. Les bords de cette cavité ne se sont pas ossifiés, de telle sorte qu'un bourrelet fibro-cartilagineux constitue le *rebord cotyloïdien* (2). La cavité cotyloïde reçoit l'extrémité supérieure arrondie, ou *tête du fémur* :

l'articulation est une diarthrose. La tête du fémur est recouverte de cartilage, sauf au point où s'insère le ligament rond. Elle est supportée en dehors par une portion osseuse à trajet oblique en bas et en dehors : on l'appelle le *col du fémur*.

La capsule articulaire, coupée en (4), véritable manchon fibreux, s'insère en haut sur le pourtour de la cavité cotyloïde et va s'attacher en bas à la base du col du fémur. En avant, la capsule offre un épaississement que le médecin français Bertin a décrit le premier vers le milieu du XVIII[e] siècle : d'où son nom de *ligament de Bertin*. Celui-ci empêche la flexion en arrière du fémur sur le bassin.

Sauf la flexion en arrière, les mouvements sont possibles en tous sens dans l'articulation coxo-fémorale : nous pouvons plier la cuisse sur l'abdomen ; nous pouvons l'étendre, c'est-à-dire la mettre dans l'axe prolongé du bassin ; nous pouvons la porter en dedans et en dehors et la faire passer par les positions intermédiaires.

Rôle de la pression atmosphérique dans les mouvements. — Dans le corps tout entier, les surfaces articulaires sont maintenues au contact, non seulement par la capsule et les muscles qui l'entourent, mais encore par la pression atmosphérique. L'articulation coxo-fémorale se prête le mieux à la démonstration de ce fait. Les frères Weber l'ont prouvé, dès 1836, par plusieurs expériences remarquables. Ces deux médecins ayant sectionné toutes les parties molles qui entourent l'articulation et laissé la capsule articulaire intacte, placèrent l'articulation coxo-fémorale sous un récipient de la machine pneumatique : ils firent le vide, et virent la tête du fémur s'abaisser et sortir en partie de la cavité cotyloïde.

La pression atmosphérique maintient ainsi la tête du fémur appliquée dans la cavité cotyloïde. Les frères Weber en ont donné une autre démonstration : Le tronc d'un sujet est placé sur une table, de telle sorte que les membres inférieurs soient pendants. On coupe circulairement toutes les parties molles de la cuisse, la capsule coxo-fémorale y comprise. Dans ces conditions, le membre inférieur ne tombe pas et la tête du fémur ne sort pas de la cavité cotyloïde. Pour la faire sortir, il suffit de faire un petit trou sur le fond de la cavité articulaire : l'air pénètre par cet orifice, la tête se détache et sort de la cavité.

Si, ayant replacé ensuite la tête dans sa cavité, on lui fait exécuter quelques mouvements pour chasser l'air et si l'on bouche le trou avec le doigt ou un morceau de cire, la tête reste de nouveau adhérente au fond de la cavité.

Ces faits prouvent combien la pression atmosphérique facilite les mouvements en diminuant le poids des membres.

Articulation du genou. — Au niveau de l'articulation du genou, qui est très mobile, la jambe se plie ou s'étend sur la cuisse.

L'articulation du genou (fig. 150 et 151) résulte du contact de l'extrémité inférieure du fémur (A) avec la face postérieure de la rotule et l'extrémité supérieure du tibia (C). Sur la figure 151, A, la rotule a été enlevée, tandis que la figure B représente une section verticale et médiane de l'articulation. L'extrémité inférieure du

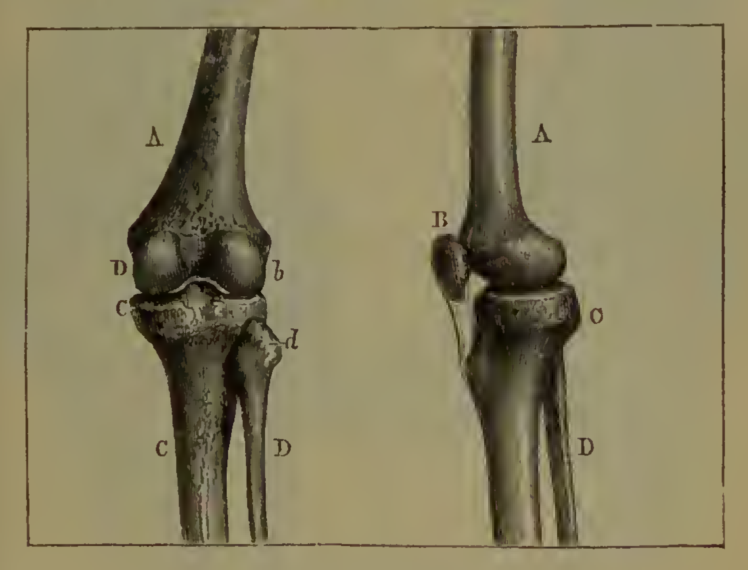


Fig. 150. — Os formant l'articulation du genou.

Figure de gauche, genou droit, vu par la face postérieure. — Figure de droite, genou de profil. A, fémur ; *b*, condyle externe ; D, condyle interne ; D, *d*, péroné ; CC, tibia ; B, rotule.

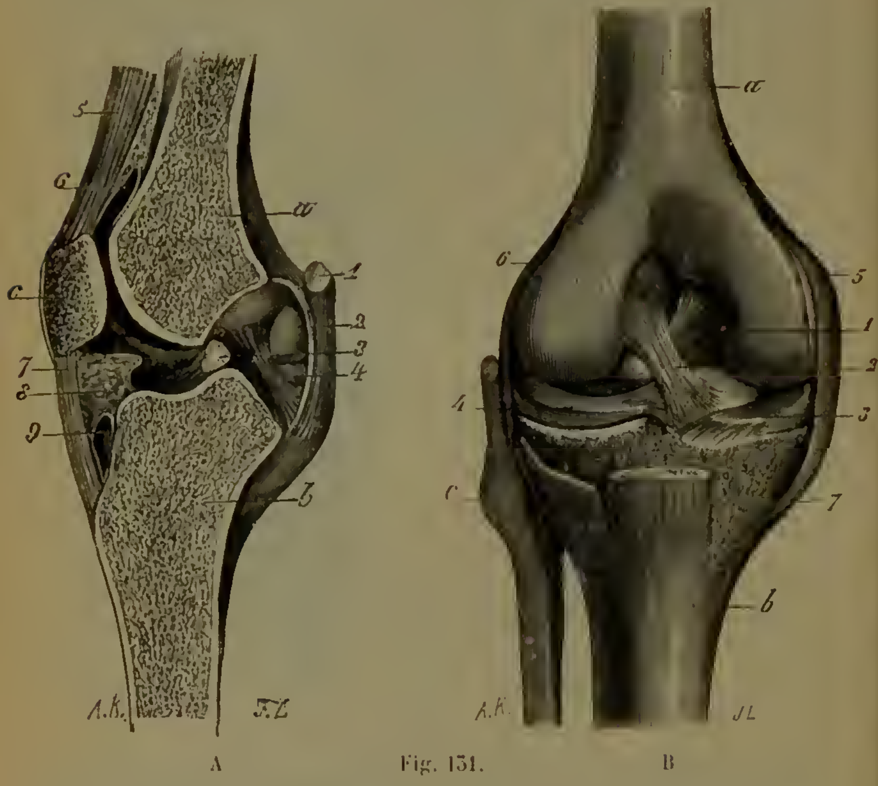
fémur se termine par deux saillies ou condyles, séparées par une échancrure et reposant sur le tibia à la façon de deux roues sur le sol. L'extrémité supérieure du tibia est excavée en dedans et en dehors; de plus, deux sortes de coussinets fibro-cartilagineux en forme de *ménisques* (fig. 151, A, 3 et 4) augmentent la profondeur des deux cavités de réception.

La face postérieure de la rotule est en rapport avec la face antérieure des deux condyles du fémur.

Le fémur est uni au tibia et au péroné : 1° par deux ligaments situés dans l'échancrure intercondylienne (A, 1 et 2) et croisés en X ; 2° par deux ligaments latéraux, l'un interne (5), l'autre externe

(6) ; 3° par un ligament antérieur ou tendon rotulien (7) ; 4° par un ligament postérieur (B).

La jambe peut se fléchir sur la cuisse ou la cuisse sur la jambe jusqu'à la rencontre de leurs faces postérieures. Le mouvement



A Fig. 131. B

Section verticale et antéro-postérieure de l'articulation du genou.

a, fémur ; *b*, tibia ; *c*, rotule ; 1, ligament postérieur (sectionné) ; 2, condyle interne ; 3, ligament croisé antérieur ; 4, ligament croisé postérieur ; 5, tendon du muscle quadriceps ; 6, cul-de-sac de la synoviale ; 7, ligament rotulien ; 8, ligament graisseux ; 9, bourse séreuse.

Articulation du genou droit (face antérieure et rotule enlevée).

a, fémur ; *b*, tibia ; *c*, péroné ; 1, ligament croisé postérieur ; 2, ligament croisé antérieur ; 3, 1, ménisques interarticulaires ; 5, ligament latéral interne ; 6, ligament latéral externe ; 7, extrémité inférieure du ligament rotulien.

d'extension s'exécute en sens inverse, mais il s'arrête dès que la jambe est sur le prolongement de la cuisse ; il est limité par la résistance et la tension des ligaments latéraux et des ligaments croisés.

Articulation du cou-de-pied. — Nous avons à examiner en der-

nier lieu, dans le membre inférieur, l'articulation du tibia et du péroné avec le pied.

Ce qui distingue le pied de la main, ce sont les dimensions et la solidité des os du tarse, qui, par leur réunion, forment la moitié de la longueur du pied. Ils sont au nombre de sept et sont disposés sur deux rangées. La première est formée par le calcanéum (fig. 152, C), l'astragale (B) et le scaphoïde (D). La deuxième rangée est formée par trois osselets en forme de coin ou *cunéiformes*, dont l'interne est figuré en E. Les deux autres cunéiformes et le *cuboïde* sont situés en dehors de E.

Ensuite viennent les métatarsiens et les phalanges, dont la figure montre la rangée interne (F, G, H).

De puissants ligaments unissent entre eux les divers os du tarse

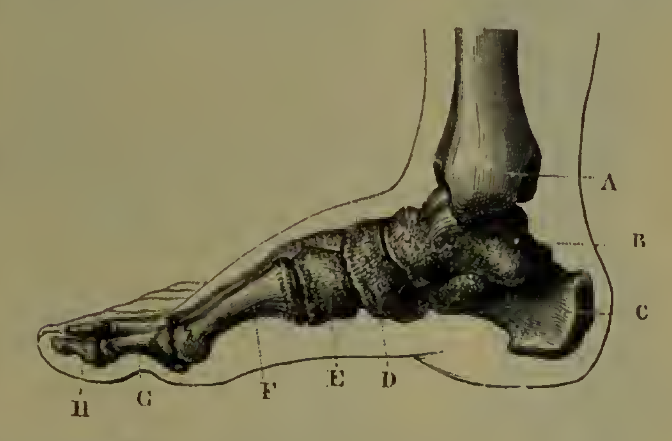


Fig. 152. — Squelette du pied vu par son bord interne.

A, malléole interne; B, astragale; C, calcanéum; D, scaphoïde; E, 1er cunéiforme; F, 1er métatarsien; G, 1re phalange; H, 2e phalange du gros orteil.

et du métatarse, de façon à transformer l'ensemble en une voûte solide et élastique qui ne repose sur le sol qu'au niveau du talon et des métatarsiens. La plante du pied forme un creux plus prononcé en dedans qu'en dehors, où le bord externe repose légèrement sur le sol.

Ainsi constitué, le pied est bien propre à supporter le poids du corps, qui lui est transmis par les os de la jambe.

A cet effet, le tibia et le péroné sont intimement unis à leur partie inférieure, et leurs surfaces présentent une conformation rappelant une entaillure servant à recevoir l'os supérieur du tarse ou astragale. Pour constituer cette *mortaise péronéo-tibiale*, le tibia se prolonge en dedans en une lame épaisse, la *malléole interne*

(*malleolus*, petit marteau) (A). En dehors, le péroné forme une autre masse, la malléole externe. Les deux malléoles constituent les saillies connues sous le nom de *chevilles*. Une capsule lâche en avant et en arrière, mais très puissante et solide sur les côtés, unit le tibia et le péroné aux os du tarse. Aussi l'articulation de la jambe avec le pied ne permet-elle que des mouvements de flexion en avant, d'extension en arrière.

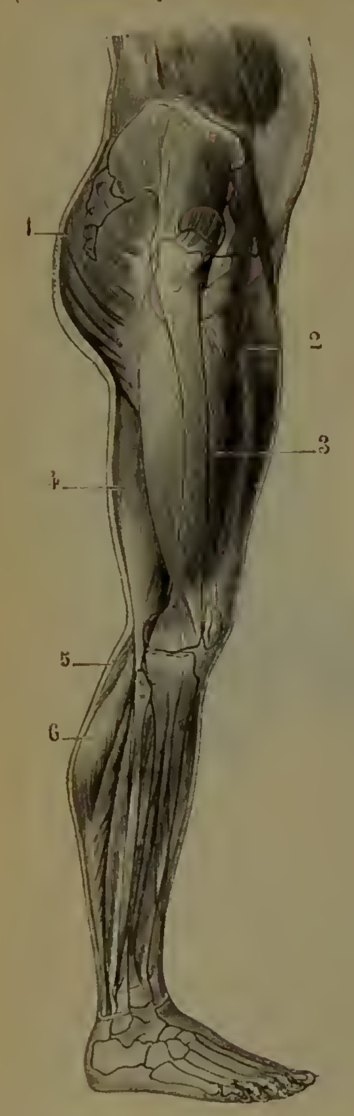


Fig. 133. — Muscles du membre abdominal.

1, muscle grand fessier; 2 et 3, quadriceps fémoral; 4, muscles postérieurs de la cuisse; 5, muscle jumeau (externe); 6, soléaire.

Station debout. — Quand nous sommes debout, il faut, pour que la station verticale soit assurée, que le centre de gravité tombe dans l'espace limité par les deux pieds, c'est-à-dire la base de sustentation. En écartant les pieds, nous augmentons la largeur de la base et la position devient moins pénible.

Chez l'homme debout, la colonne vertébrale transmet le poids du tronc et de la tête au bassin. Celui-ci repose lui-même sur les deux fémurs, ceux-ci sur les tibias, et ces derniers sur les pieds.

La cuisse est étendue sur le bassin par des muscles puissants. Ceux-ci forment, chez l'homme, une masse saillante à la partie postérieure et inférieure du tronc; ils portent le nom de *muscles fessiers* (fig. 133, 1). Disposés sur trois plans, ils s'attachent au sacrum et à la face superficielle du coxal; de là ils vont s'insérer à la partie supérieure du fémur. Dans la station debout, le muscle superficiel ou *grand fessier* retient le bassin en arrière et empêche le tronc de fléchir et de se renverser en avant. L'homme se distingue de tous les animaux par le développement énorme et

la force considérable de ce muscle. C'est lui qui assure à l'homme l'attitude bipède.

D'autres muscles (4) viennent en aide aux précédents. Ils proviennent de la masse osseuse inférieure du bassin (tubérosité sciatique) et vont à la jambe. Dans le premier temps de leur action, ils étendent la cuisse sur le bassin, mais ils sont capables de fléchir la jambe sur la cuisse, comme il sera dit plus loin.

En avant de la cuisse se trouve un muscle volumineux formé par une masse qui a quatre origines ou chefs : c'est le *quadriceps* fémoral (2 et 3). L'un de ces chefs part du coxal et les trois autres du fémur. Un tendon unique, dans lequel est comprise la rotule, leur fait suite et va s'attacher en bas et en avant sur l'extrémité supérieure du tibia (fig. 131, A, 5 et 7).

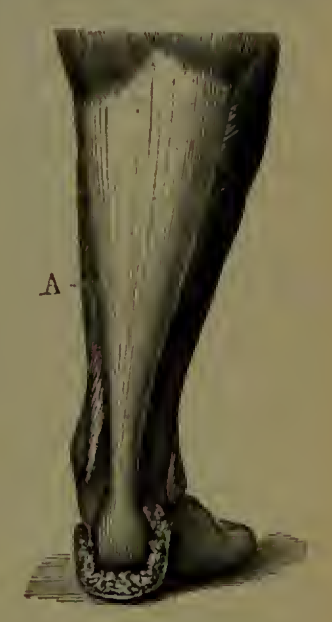


Fig. 134. — Face postérieure de la jambe dont on a enlevé la peau.

A. Tendon d'Achille, partant du mollet et s'attachant au calcanéum.

Le muscle quadriceps étend la jambe sur la cuisse, surtout dans la marche, au moment où le membre est appuyé sur le sol. Dans la station debout, il agit également pour étendre la cuisse sur la jambe.

Quant à celle-ci, elle nous intéresse surtout dans sa région postérieure, au point de vue de la station et de la progression. Le gras de la jambe, ou mollet, est essentiellement formé par un muscle à trois chefs, les *jumeaux* et le *soléaire*. Les jumeaux (fig. 133) partent du fémur, le *soléaire* (*solea*, semelle) part du tibia et du péroné. Ces trois chefs aboutissent à un tendon commun qui fait saillie comme une corde, à la partie postérieure et inférieure de la jambe. Son bout inférieur s'attache en arrière du calcanéum, ou os du talon. Achille fut blessé, dit la Fable, à ce tendon pendant le siège de Troie : de là le nom de *tendon d'Achille* (fig. 134, A).

Mécanisme des mouvements dans le membre abdominal. — Les muscles qui, dans la station debout, maintiennent les segments du membre abdominal à la suite les uns des autres et les transforment en une tige verticale, sont disposés alternativement en

arrière et en avant, en sens inverse de la flexion que produirait le poids du corps.

La cuisse est étendue par les muscles fessiers et les muscles postérieurs de la cuisse; la jambe, par le quadriceps crural; le pied, par le triceps sural (*sura*, mollet) formé par les deux *jumeaux* et le *soléaire*.

La preuve des faits précédents est donnée par l'observation que cite Bichat, et que chacun peut avoir l'occasion de faire.

Supposons, chez un homme debout, une suspension de l'action du système nerveux central, comme dans la *syncope* : les forces musculaires cessent d'agir ; la tête et le cou s'inclinent en avant, le tronc penche dans le même sens, le bassin fléchit en avant sur la cuisse; celle-ci se courbe en arrière sur la jambe, qui fléchit en avant sur le pied.

Les diverses parties précédentes sont abandonnées à leur poids dès que les puissances musculaires sont suspendues, et le corps s'affaisse et tombe comme une masse inerte.

Puisque la station debout sur les deux pieds (attitude du soldat sans armes) nécessite la contraction d'une série de muscles depuis la tête jusqu'au talon, elle entraîne de la fatigue. La position debout, moins fatigante, consiste à reposer sur une seule jambe, placée dans l'extension, pendant que l'autre est fléchie légèrement : c'est là la *station hanchée*. Le corps est incliné de côté et un peu en arrière, et nombre de muscles se trouvent dans un relâchement complet, parce que les ligaments des articulations du membre inférieur supportent le poids du corps. Les peintres et les sculpteurs affectionnent cette station, qui donne au corps les attitudes les plus élégantes.

En prenant alternativement à droite et à gauche la position hanchée, l'homme supporte longtemps et sans grande fatigue la station debout.

Marche. — La marche est la station verticale se continuant pendant que le corps se déplace. A cet effet, le poids de la tête et du tronc est transmis tour à tour sur le pied gauche et sur le pied droit. Pendant que la jambe droite sert de point d'appui à tout le corps, la jambe gauche le pousse en avant.

Voici comment nous faisons un pas, une enjambée. Supposons que nous soyons debout, le pied gauche légèrement fléchi et un peu en avant du pied droit (fig. 155, 1). Nous voulons porter celui-ci en avant du pied gauche. Le poids du corps est supporté principalement par le membre droit. Celui-ci va donner l'impulsion : à cet effet, les muscles extenseurs se contractent : les fessiers et les muscles postérieurs de la cuisse étendent la cuisse sur le

bassin; le quadriceps étend la jambe sur la cuisse; le triceps sural étend le pied sur la jambe.

La contraction de ces muscles transforme le membre inférieur en une tige qui s'arc-boute sur le sol. Elle donne l'impulsion qui soulève le bassin et pousse le centre de gravité, c'est-à-dire le poids du corps, sur le membre gauche. Cette poussée en avant s'accompagne d'un mouvement du tronc en haut et à gauche.

Donc ce premier temps du pas, tel que nous l'avons commencé, est caractérisé : 1° par la triple extension de la cuisse, de la jambe et du pied *droits*; 2° par la projection du tronc en avant et à gauche. Le deuxième temps, ou l'achèvement du pas, se fait par une sorte d'oscillation du membre droit dans l'articulation coxo-fémorale. Mais, pour pouvoir osciller, il ne faut pas qu'il rencontre le sol : aussi à l'extension succède une double et légère flexion de la cuisse sur le bassin et de la jambe sur la cuisse (fig. 135, 2).

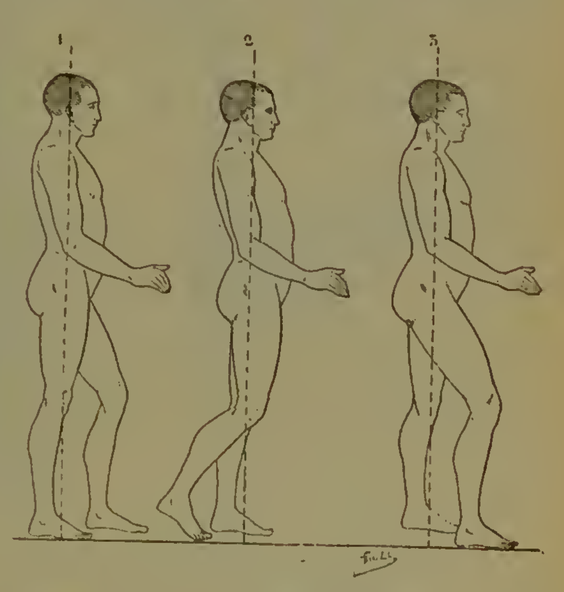


Fig. 135. — Position successive des membres abdominaux dans la marche.

Le triceps sural élève le talon et détache le pied du sol, du talon vers la pointe. Tout le membre droit est en l'air et emporté par le corps en avant. Alors les muscles qui maintenaient la flexion du genou et l'extension du pied se relâchent : le pied droit retombe sur le sol, mais en avant du pied gauche (fig. 135, 3). Nous avons fait un pas.

Durant l'activité du membre droit, le membre gauche est loin de rester inactif; d'abord légèrement fléchi, il s'étend à mesure que le membre droit lui transmet le poids du corps. C'est grâce à son extension qu'il s'allonge et permet au membre droit d'osciller sans toucher le sol.

Remarquons, outre les mouvements d'extension, d'inclinaison,

de montée et de descente, que le membre gauche tourne d'arrière en avant : il forme une sorte d'axe vertical autour duquel le tronc et le membre droit pivotent par un mouvement de rotation.

Le deuxième pas se fait identiquement de même, si ce n'est que le membre gauche donne l'impulsion et le membre droit supporte à son tour le poids du corps. Or la marche se compose d'une succession de pas.

Il est facile, en s'observant soi-même, de se rendre compte de la succession des mouvements précédents, qui dans l'exemple choisi se décomposent ainsi : 1° extension du membre droit (mobile); 2° flexion de la cuisse sur le bassin et de la jambe sur la cuisse; 3° oscillation du membre droit et sa chute en avant. Simultanément, le poids du corps est porté par le membre gauche (fixe), qui s'étend et qui sert de pivot pour la rotation du membre mobile et de tout le corps.

Les membres abdominaux poussent essentiellement le corps en avant, mais les autres parties du corps sont loin de rester immobiles ou inactives. Nous avons vu que le tronc en s'avançant monte et descend alternativement; il s'incline de plus à gauche et à droite. Les bras aident la marche : oscillant en sens inverse des jambes, ils contre-balancent certains mouvements de rotation; ils maintiennent ou rétablissent à tout moment l'équilibre instable pendant la marche. N'oublions pas que chez l'homme les muscles des gouttières vertébrales sont constamment en jeu pendant les divers stades de la progression.

Course. — Pendant la marche, il y a toujours au moins un pied touchant le sol. Pendant la course, les deux pieds se trouvent en l'air à un moment donné. Les contractions musculaires des jambes sont en outre plus énergiques pour détacher le pied du sol et pour pousser le corps en avant.

Saut. — Le *saut* est un pas auquel nous imprimons une amplitude considérable en mettant de nombreux muscles en jeu. On peut sauter de diverses façons, à pieds joints, etc. Faire quelques pas de course avant de sauter, c'est prendre son élan.

Natation. — L'homme, déplaçant un poids d'eau inférieur à celui du poids de son corps, tend à gagner le fond de l'eau. Pour se maintenir à la surface, il a besoin de s'étendre dans les couches supérieures de l'eau et d'allonger les membres pour augmenter la base de sustentation. Pour avancer dans l'eau, il fléchit les membres, puis les étend, et frappe le milieu liquide sur lequel prend un point d'appui. Ce mode de progression rappelle celui de la grenouille nageant dans l'eau.

Mécanisme des mouvements dans le membre thoracique. — Le membre thoracique présente une série d'articulations rappelant celles du membre abdominal, avec cette différence qu'elles permettent des mouvements plus étendus et plus variés.

Épaule. — L'articulation de l'humérus avec l'omoplate est une diarthrose, qui jouit de plus de mobilité que celle du fémur avec le coxal. Le bras peut s'élever, s'abaisser, se porter et tourner en

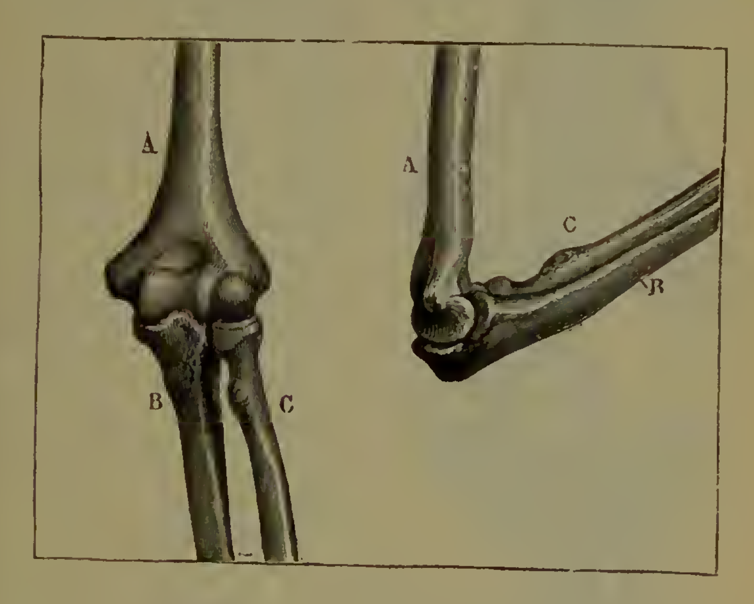


Fig. 136. — Os du coude (côté gauche).

A gauche, étendu (face antérieure); à droite, fléchi (de profil). — A, humérus B, cubitus; C, radius.

dedans et en dehors, et enfin passer aisément de l'un à l'autre de ces mouvements. En outre, l'omoplate et la clavicule peuvent prendre part à ces derniers et augmenter leur étendue d'une façon notable.

Coude. — L'articulation du coude est, comme celle du genou, le siége de deux sortes de mouvements essentiels, mais s'y produisant en sens opposé (fig. 136).

Dans la figure 137, 9, on voit que l'extrémité inférieure de l'humérus est aplatie d'avant en arrière et présente trois saillies revêtues de cartilage : l'interne, située du côté du cubitus (5) et par suite du petit doigt, est séparée de la moyenne par une gouttière (7); elles figurent, par conséquent, une véritable poulie

creusée d'une gorge et limitée par deux lèvres : on l'appelle la *trochlée humérale* (*trochlea*, poulie).

En allant du côté du radius, c'est-à-dire du pouce, on voit une nouvelle gouttière, à laquelle fait suite en dehors une saillie en forme de tête : c'est le *condyle* (*condylos*, nœud) (8), qui est reçu dans l'excavation ou *cupule* de la tête du radius (2).



Fig. 137. — Articulation du coude (ouverte), bras droit vu par sa face palmaire.

L'extrémité supérieure du cubitus qui correspond à la trochlée humérale est creusée d'une excavation ou d'une échancrure, dite *grande cavité sigmoïde*, parce qu'on l'a comparée à la lettre grecque *sigma*. Sur la partie moyenne, on voit une ligne saillante reçue dans la gorge de la poulie; en avant, cette cavité est limitée par une saillie osseuse, l'*apophyse coronoïde* (*coroné*, bec de corneille), et en arrière par une autre saillie, l'*olécrâne* (*olénê*, coude; *crânion*, crâne), parce qu'elle forme la saillie ou tête du coude lorsqu'on fléchit l'avant-bras sur le bras.

Remarquons encore une excavation qui surmonte en avant la trochlée humérale (au-dessus de 7) pour loger l'apophyse coronoïde dans la flexion; de même, en arrière il existe une fosse plus grande pour recevoir le bec de l'olécrâne dans l'extension de l'avant-bras.

Dans la figure 137, les extrémités osseuses ont été écartées pour mieux montrer leurs accidents des surfaces. Toutes ces parties sont, sur le vivant, intimement adaptées les unes aux autres comme dans la figure 136. La capsule articulaire, lâche et mince en avant et en arrière, s'épaissit sur les côtés, où elle forme les ligaments, l'un *latéral interne* (3) et l'autre

latéral externe (4). Ceux-ci relient l'humérus au cubitus. Ils sont si courts et si serrés, qu'ils ne permettent point de mouvement latéral. Les seuls mouvements possibles sont : 1° Un *mouvement de flexion* (fig. 136) arrêté par la rencontre du bras et de l'avant-bras, et 2° un *mouvement d'extension*, limité par la rencontre du bec de l'olécrâne et du fond de la cavité olécrânienne.

Dans l'extension, l'avant-bras vient se placer sur le prolongement de l'humérus, de façon qu'il forme avec ce dernier un angle ouvert en dehors.

La flexion de l'avant-bras, commencée sur la figure 122, est déterminée par divers muscles, parmi lesquels nous citerons le biceps, figuré sur le dessin : son tendon inférieur s'attache à l'extrémité supérieure du radius. Quand l'avant-bras fléchit sur le bras, il se tourne en dedans, et, grâce à l'arc-boutant formé par la clavicule, la main, au lieu de se diriger sur l'épaule opposée, est portée naturellement à la bouche : pour la préhension des aliments, par exemple. L'homme jouit spécialement de ce mouvement, qui est lié à la direction oblique de la poulie articulaire de l'humérus.

Les deux extrémités du radius tournent autour de celles du cubitus; mais, tandis que l'extrémité supérieure du radius entourée d'un arc fibreux reste toujours en dehors du cubitus, son extrémité inférieure est tantôt en dehors, tantôt en dedans de cet os. Or, la main est suspendue, c'est-à-dire articulée, à l'extrémité inférieure du radius, qu'elle suit dans tous ses déplacements. Par conséquent, tenant le coude immobile, et la face palmaire regardant en haut, on peut retourner la main, c'est-à-dire présenter en haut sa face dorsale, sans bouger le coude. Tous ces mouvements sont possibles grâce au radius, qui se déplace autour du cubitus en décrivant un mouvement de rotation. Il est facile de voir sur soi-même ce qui se passe : en couchant la main sur le dos, c'est-à-dire en faisant un mouvement de *supination* (*supinus*, couché sur le dos), la face palmaire regarde en haut, le radius et le pouce se placent en dehors, et parallèlement au cubitus. Lorsque, au contraire, on retourne la main, de telle sorte qu'elle est couchée sur sa face palmaire, on fait un mouvement de *pronation* (*pronus*, couché sur le ventre) : alors on voit, le dos de la main regardant en haut, que le radius n'est plus parallèle au cubitus; il le croise. C'est donc le radius qui, en pivotant autour du cubitus, permet à la main de présenter tantôt sa face palmaire, tantôt sa face dorsale. Les mouvements de supination et de pronation ne s'observent que chez l'homme et chez un certain nombre de quadrupèdes pourvus d'ongles et de griffes. Les qua-

drupèdes à sabots ont généralement le cubitus très court et soudé au radius. Celui-ci est en pronation permanente.

Main. — Les osselets du carpe forment un massif osseux qui s'articule avec l'avant-bras. Le poignet et la main profitent largement des mouvements de supination et de pronation exécutés par le radius. Grâce au poignet, la main se fléchit en avant et en arrière. On dit qu'elle est *étendue* lorsqu'elle forme une ligne droite avec l'avant-bras.

Les anatomistes ont l'habitude de placer la main en supination, c'est-à-dire de façon que la face palmaire regarde en avant. Le pouce devient ainsi *externe* et le petit doigt *interne*. La main se trouve alors dans la position qu'elle occupe sur le soldat sans armes.

Les quatre derniers métacarpiens sont unis solidement à l'extrémité inférieure du carpe, de sorte que les mouvements du métacarpe sur le poignet sont à peu près nuls.

Quant au premier métacarpien (celui du pouce), il est placé à cheval sur l'un des osselets du carpe, qui lui forme une espèce de selle. Cette disposition lui permet de se mouvoir dans tous les sens. Le pouce s'éloigne et se rapproche ainsi avec une grande facilité de la face antérieure des autres métacarpiens. De cette façon se produit l'opposition du pouce aux autres doigts, mouvement caractéristique de la main.

Les doigts sont articulés avec les métacarpiens. La première phalange se fléchit en avant et à angle droit ; elle s'étend, se meut de côté et passe aisément d'un de ces mouvements à l'autre.

La deuxième et la troisième phalange ne subissent que des mouvements de flexion et d'extension.

Mécanisme des mouvements de la main. — Ces dispositions du squelette de la main étant connues, voyons les muscles qui servent à le mouvoir. Ils sont très nombreux et ils appartiennent à l'avant-bras et à la main.

Muscles de la face palmaire. — Les muscles de l'avant-bras sont, en effet, au nombre de vingt et forment vers sa partie supérieure une masse charnue épaisse, coupée circulairement sur la figure 122.

Des cordes tendineuses font suite aux faisceaux charnus et forment des saillies prononcées sur la face antérieure de l'avant-bras au voisinage du poignet. L'un, grand palmaire (fig. 138, 1), se termine au métacarpe; comme d'autres muscles, il fléchit en avant la main sur l'avant-bras. D'autres, C et E, se rendent aux phalanges. Ces derniers sont connus sous le nom de *fléchisseurs*. Ils sont disposés sur deux plans : le plan superficiel est formé

par le fléchisseur superficiel (C) et le plan profond par le fléchisseur profond des doigts (E). La figure 158 montre que les tendons des fléchisseurs passent sous un anneau ligamenteux du carpe et vont en s'écartant se rendre aux quatre derniers doigts. Les



Main dépouillée de sa peau.

Fig. 158. — Face palmaire.

1, grand palmaire; 2, tendons des fléchisseurs et petit palmaire; C, tendons du fléchisseur superficiel; EE', tendons du fléchisseur profond; d, gaine des fléchisseurs au niveau des phalanges; l, lombricaux; A, B, muscles de l'éminence thénar; h, muscles de l'éminence hypothénar.

Fig. 159. — Face dorsale

A, ligament annulaire du carpe; B, tendons de l'extenseur commun des doigts; B', tendon du muscle long extenseur du pouce; X, muscles court extenseur et long abducteur du pouce; C, lame fibreuse qui unit les tendons de l'extenseur commun.

tendons du fléchisseur superficiel s'engagent plus loin (sur l'index) dans une gaine qui est osseuse du côté dorsal et fibreuse (d) du côté palmaire. Si l'on ouvre cette gaine (médius), on aperçoit le tendon du fléchisseur superficiel qui se bifurque : il se divise en deux faisceaux qui se séparent pour former une boutonnière, à travers laquelle passe un tendon plus profond. Plus loin les deux extrémités du tendon du fléchisseur superficiel se fixent à

la seconde phalange. Le tendon qui traverse la boutonnière est celui du fléchisseur profond; il va se terminer à la base de la dernière phalange. Sur l'annulaire et le petit doigt, le tendon du fléchisseur profond a été coupé, sur une certaine longueur, pour bien montrer la boutonnière (fig. 158).

Le pouce est pourvu d'un muscle fléchisseur qui est remarquable chez l'homme, en ce qu'il a son individualité comme organe, tandis que chez les animaux les plus rapprochés de l'homme, l'*orang-outang* et le *gorille*, il n'est qu'un faisceau du fléchisseur profond des doigts. Ce muscle, *long* ou *grand fléchisseur* propre du pouce, part du radius et va se terminer à la dernière phalange du pouce, à la façon du fléchisseur profond des autres doigts.

Tels sont les muscles qui du côté palmaire vont de l'avant-bras à la main. Ils produisent, en se contractant ensemble, la flexion en avant de la main sur l'avant-bras. De plus, ils fléchissent les deuxièmes et troisièmes phalanges. Le fléchisseur superficiel fléchit les deuxièmes phalanges sur les premières, et le profond les troisièmes phalanges sur les secondes. De même, le long fléchisseur propre du pouce fléchit la dernière phalange du pouce sur la première. (Je rappelle qu'il n'y a au pouce que deux phalanges.)

Nous devons nous demander quels muscles fléchissent la première phalange des doigts et produisent les autres mouvements. En regardant la figure 158, on aperçoit à la racine du pouce une masse musculaire qui forme une éminence dite *thénar* (*thénar*, paume de la main) : cette masse A et B est composée de trois muscles (*court abducteur*, *court fléchisseur*, et *opposant*), qui s'attachent en haut au carpe et en bas à la première phalange du pouce et à son métacarpien. Ces muscles fléchissent le pouce.

En examinant le bord cubital de la paume de la main, on voit une saillie charnue moins prononcée que le thénar : on l'appelle *hypothénar* (*hypo*, au-dessous) (*h*). Elle part du poignet et va se diriger vers le petit doigt. Entre le thénar et l'hypothénar se trouve le *creux de la main* ou *gobelet de Diogène*.

Sous la peau de l'hypothénar se trouve une masse charnue rappelant celle du thénar et composée de trois muscles dont deux écartent le petit doigt et fléchissent sa première phalange, tandis que le troisième porte le petit doigt à la rencontre du pouce. Remarquons que le petit doigt est pourvu d'un appareil musculaire spécial, quoique moins complet que celui du pouce.

Si vous regardez les tendons fléchisseurs (fig. 158, C) au moment où ils se dégagent du ligament annulaire du carpe, vous voyez

qu'ils sont accompagnés et longés, du côté du pouce, par des faisceaux musculaires en forme de lombrics (l) : de là le nom de *lombricaux* donné à ces quatre muscles, qui sont annexés aux tendons du fléchisseur profond. Arrivé près de la première phalange, le tendon de chaque lombrical la contourne et va se terminer dans le tendon situé sur le dos des doigts et faisant suite au muscle extenseur commun des doigts (fig. 159). La façon dont les lombricaux agissent sur les doigts est des plus curieuses : se dirigeant d'avant en arrière, c'est-à-dire de la paume de la main sur le dos des doigts, ils fléchissent la première phalange sur le métacarpien ; de plus, en tirant sur le tendon de l'extenseur commun, et en l'entraînant vers la paume de la main, ils étendent les deux dernières phalanges.

En un mot, les lombricaux sont à la fois fléchisseurs de la première phalange et extenseurs des deux dernières.

Muscles de la face dorsale. — Sur le dos de la main (fig. 159), plusieurs muscles qui viennent de l'avant-bras s'arrêtent du côté du poignet pour étendre, puis fléchir la main en arrière. D'autres l'inclinent du côté du radius, d'autres enfin du côté du cubitus. Nous ne nous y arrêterons point et nous passerons au muscle extenseur qui va aux phalanges : c'est l'*extenseur commun des doigts*, dont les tendons B (fig. 159), après avoir passé sous le ligament dorsal ou *annulaire* (A) du carpe, vont se diriger vers les quatre derniers doigts. Sur les phalanges, les tendons s'élargissent et donnent des languettes qui s'attachent à la première, à la deuxième et à la troisième phalange. Ce muscle en se contractant étend les doigts, mais il agit surtout sur la première phalange ; pour les deux autres, il est aidé puissamment par les lombricaux, comme nous l'avons vu plus haut.

Outre le tendon fourni par le muscle extenseur commun, le *petit doigt* et l'*index* reçoivent le tendon d'un muscle extenseur spécial à chacun de ces deux doigts. Il existe donc : 1° un muscle *extenseur propre du petit doigt* (placé sur la fig. 159 en dedans du tendon de l'extenseur commun) ; 2° un muscle *extenseur propre de l'index* (également visible sur la figure). C'est à lui que l'index doit ses mouvements d'extension indépendants de ceux des autres : grâce à ce muscle, il devient le *doigt indicateur*.

Du côté dorsal, comme du côté palmaire, le pouce présente un appareil musculaire spécial : il possède *deux extenseurs propres* et un *abducteur* (B′ et X), tous venus de l'avant-bras. Les tendons de ces trois muscles sont faciles à voir, car ils limitent une fossette entre B′ et X que les priseurs savent utiliser et qui est connue sous le nom de *tabatière anatomique*.

Ce n'est pas tout : on voit, remplissant le gril osseux formé par les métacarpiens, du côté *palmaire*, quatre muscles qui vont se terminer aux doigts : ce sont les *interosseux palmaires*, qui rapprochent les autres doigts du médius. Du côté dorsal existent quatre autres muscles, les *interosseux dorsaux*, qui se terminent aussi aux doigts; ils éloignent les trois doigts moyens de l'axe de la main.

Richesse des mouvements de la main. — L'énumération de ces parties paraît de prime abord bien compliquée; mais en somme le tout se réduit à la disposition des surfaces articulaires, qui commandent le sens du mouvement, et aux cordes qui viennent s'attacher aux os pour les changer de place. Il est vrai que les muscles et leurs cordes tendineuses sont très nombreux; mais ils rendent bien compte de la multiplicité des mouvements qui se passent dans la main. Le petit doigt, l'index et surtout le pouce sont privilégiés à cet égard. Le pouce n'a que deux phalanges, mais il est desservi par *huit* muscles (5 du côté palmaire et 3 du côté dorsal), qui permettent à l'homme et aux singes d'*opposer* le premier doigt aux quatre autres, de se servir des doigts en guise de pince et de faire jouer aux cinq rayons digitaux le rôle de *main*.

La main fut un objet d'admiration pour les anciens. Nous devons à Galien une description détaillée de toutes ses parties et l'explication du mécanisme de ses mouvements. Émerveillé de la perfection de cet instrument, il s'écrie : « Que d'autres offrent à la divinité de sanglantes hécatombes, qu'ils chantent des hymnes en l'honneur des dieux; mon hymne à moi, c'est l'étude et l'exposition des merveilles de l'organisation humaine. »

Un philosophe du XVIIIe siècle, Helvétius, prétendit que c'est à la main seule que nous devons le développement de notre intelligence, et que sans elle nous serions encore à errer dans les forêts.

C'est exagéré et erroné. Outre les deux mains des membres thoraciques, les singes possèdent des membres abdominaux où le gros orteil est opposable aux quatre autres. Néanmoins ils ne sont pas arrivés, malgré leurs quatre mains *fonctionnelles*, au degré d'intelligence de l'homme. Notre cerveau plus volumineux, plus développé, sait se servir de la main, qui devient ainsi un instrument si parfait : voilà la cause de la supériorité de l'homme.

RÉSUMÉ DES ARTICULATIONS

Après ces articulations demi-mobiles et mobiles, il nous reste à dire quelques mots d'un autre mode d'union des os. A la face et à la voûte du crâne, par exemple, les os se juxtaposent de façon à se souder ou à s'emboîter exacte-

ment, sans permettre aucun mouvement. L'union est complétée par du tissu fibreux. Ces sortes d'articulations portent le nom de *synarthrose* ou de *suture*.

En résumé, il y a trois groupes d'articulations : 1° les *sutures*, ou *articulations immobiles*; 2° les *amphiarthroses*, ou *articulations demi-mobiles*, caractérisées par la présence de disques fibreux et l'absence de synoviale; (exemple : articulations intervertébrales); 3° les *articulations mobiles*, ou *diarthroses*.

Selon le mode de configuration des surfaces articulaires, les mouvements sont plus ou moins développés. Ils sont possibles en tous sens, quand il y a une tête articulaire d'un côté et une cavité de l'autre. Exemples : articulations coxo-fémorale et scapulo-humérale. Les articulations du coude et du genou ne permettent, au contraire, que les mouvements de flexion et d'extension. Par contre, les apophyses articulaires des vertèbres ne jouissent que de mouvements de *glissement*.

SYSTÈME NERVEUX

Le système nerveux est un ensemble d'organes qui a pour usage de recevoir les impressions du monde extérieur. Il les emmagasine et les transforme pour réagir ensuite sur le monde extérieur par l'intermédiaire du système musculaire. Représentant en réalité un appareil de perfectionnement de la couche superficielle de la peau, le système nerveux prend naissance aux dépens de cette même couche.

Origine du système nerveux. — Chez l'homme et les divers vertébrés, le système nerveux se forme de bonne heure. Lorsque l'embryon est à peine ébauché (fig. 140), on voit le long de la ligne médiane du dos, le feuillet superficiel (ectoderme) se déprimer en une gouttière dont les parois s'épaississent. Des lèvres saillantes (*rm*) à aspect plus sombre la limitent.

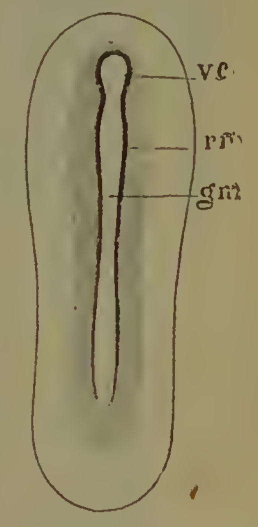


Fig. 140. — Embryon très jeune vu de dos.

gm, gouttière formée par la dépression du revêtement superficiel et devenant le système nerveux; *rm*, lèvres épaissies de la gouttière médullaire; *vc*, vésicule cérébrale.

En pratiquant une coupe en travers, on se rend mieux compte de la forme de la gouttière et de la saillie des lèvres. Ces dernières s'élèvent peu à peu et s'allongent (fig. 141); elles constituent des crêtes, qui se rapprochent, arrivent au contact et se soudent. Ainsi se constitue un canal qui s'étend de la tête jusqu'au bassin du jeune être.

Des parois de ce canal va provenir tout le système nerveux. La portion qui sera logée dans la colonne vertébrale portera le nom de *moelle épinière* ; la portion qui restera dans le crâne s'appellera *encéphale* (*en*, dedans ; *céphalé*, tête). La moelle épinière et l'encéphale portent le nom de *névraxe* (*neuron*, nerf ; *axon*, axe), puisqu'ils constituent l'axe ou *système central nerveux*.

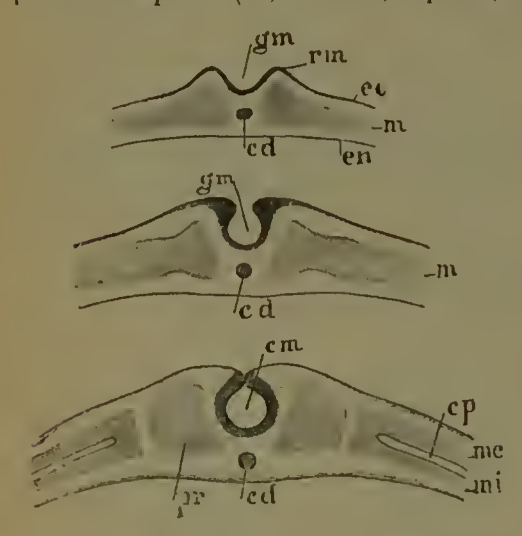


Fig. 141. — Sections en travers de l'embryon figuré en 140.

L'embryon est formé de trois feuillets superposés : *ec*, ectoderme ; *m*, mésoderme ; *en*, entoderme. Le squelette est représenté par la corde dorsale, coupée en travers (*cd*). La coupe supérieure montre la formation de la gouttière médullaire (*gm*) et la saillie des lèvres (*rm*) qui la limitent. La coupe moyenne montre comment les lèvres s'accroissent et se rapprochent du côté de la ligne médiane. La coupe inférieure représente la jonction des deux lèvres et la fermeture de la gouttière, qui devient le canal médullaire. Cette dernière figure montre de plus comment le mésoderme se clive en un feuillet externe (*me*) qui reste accolé à l'ectoderme, et en un feuillet interne (*mi*) qui est uni à l'entoderme. La fente (*cp*) est la cavité de l'abdomen ; *pr*, ébauche des muscles.

Les nerfs prendront naissance aux dépens des prolongements que les cellules du canal *encéphalo-médullaire* (*médulla*, moelle) émettront du côté périphérique.

Certains îlots des parois du canal encéphalo-médullaire s'isoleront même complètement de la portion centrale sous forme de colonies cellulaires ; les uns formeront une série d'amas réunis entre eux sous forme de chapelet en avant de la colonne vertébrale et constitueront le *sympathique* ; les autres sont en relation intime avec les organes et produisent des *ganglions* nerveux.

Étudions ces diverses parties.

Description du système nerveux. — La figure 142 montre l'ensemble du système nerveux par transparence ; on voit qu'il rayonne autour d'un cordon central, comme le squelette autour de la colonne vertébrale. Ce cordon central (C) est en effet logé dans le canal *vertébral* ou *rachidien*, et, comme les Anciens l'assimilaient

à la substance qui se trouve dans les canaux médullaires des os longs, ils l'ont appelé *moelle épinière* (*medulla*, moelle, de *medius*, central). Du côté de la tête, la moelle se prolonge dans le crâne, où elle s'élargit et s'épanouit en une masse nerveuse de dimensions très grandes, l'*encéphale*. Sur la figure, l'encéphale, vu de dos, laisse distinguer deux parties secondaires, l'une petite (B), le *cervelet*, et l'autre plus grande (A), le *cerveau*.

Du névraxe situé dans le canal vertébral et dans le crâne émanent de nombreux cordons nerveux, qui se ramifient et se distribuent dans les organes et qui portent le nom de *système nerveux périphérique*. On distingue dans ce



A, cerveau ; B, cervelet ; , moelle ; 1, nerf facial ; , plexus brachial ; 3, nerfs e l'épaule ; 4, nerf médian u coude et à la main 5) ; 6, nerfs thoraciques u intercostaux ; 7, nerf ciatique ; 8, nerf sciatique u niveau du jarret ; , nerfs de la plante des ieds ; 10, sympathique.

Fig. 142 — Ensemble du système nerveux (vu de dos).

dernier : 1° les *nerfs* qui sortent du *crâne* ou *nerfs crâniens*; 2° les nerfs qui sortent entre les vertèbres, *nerfs rachidiens* ou *spinaux*; 3° deux cordons, en forme de chapelet (fig. 142, 10), qui s'étendent de chaque côté de la colonne vertébrale; ces deux cordons forment le *sympathique*.

Réservant l'étude des nerfs crâniens et du sympathique pour plus tard, nous allons commencer par examiner les nerfs rachidiens.

Distribution des nerfs rachidiens. — En regardant la figure 142, on voit les nerfs rachidiens se détacher de chaque côté de la moelle épinière sous la forme de cordons nerveux qui naissent régulièrement à droite et à gauche pour se ramifier dans les organes. On les compte de la tête vers le bassin; il y en a *huit* paires dans la région du cou (une de plus que le nombre des vertèbres cervicales, parce que la première paire sort entre l'occipital et l'atlas), *douze* paires thoraciques, *cinq* lombaires et *six* sacrées : en tout *trente et une paires* de nerfs rachidiens. Chaque nerf rachidien, après sa sortie du trou de conjugaison, se divise en une branche *ventrale* volumineuse, qui va aux organes situés devant la colonne vertébrale, et en branche *dorsale*. Celle-ci est petite et se rend uniquement à la peau et aux muscles qui remplissent les gouttières vertébrales depuis l'occiput jusqu'au bas du coccyx.

Les branches *ventrales* ne se rendent pas isolément aux organes, mais, comme on le voit en 2 et 7, les branches voisines vont à la rencontre l'une de l'autre, s'envoient réciproquement des filets qui s'unissent et s'entrelacent, de façon à donner lieu à un réseau nerveux, dit *plexus* (*plexus*, filet), d'où partent les branches terminales.

Plexus cervical et brachial. — La distribution des branches ventrales des nerfs spinaux est remarquable : c'est ainsi que les quatre premiers nerfs cervicaux (par abréviation, nous dirons *nerfs cervicaux*, *nerfs thoraciques*, *nerfs lombaires*, au lieu de *branches ventrales des nerfs cervicaux*, etc.), forment au-devant des apophyses transverses un *plexus*, dit *cervical*, dont les branches vont innerver les muscles et la peau du cou, ainsi que les téguments de la partie latérale et dorsale de la tête. Il donne naissance à un nerf important, qui descend dans la poitrine et va animer le diaphragme : c'est le nerf *diaphragmatique* ou *phrénique* (*phren*, diaphragme). Les cinquième, sixième, septième et huitième nerfs cervicaux forment, en s'anastomosant entre eux et avec le premier thoracique, un plexus, dit *brachial* (fig. 142, 2), qui s'étend de la base du cou, en passant sous la clavicule, vers le creux de l'aisselle. Après avoir donné nombre de branches aux muscles de

l'épaule, le plexus brachial fournit (en 3) plusieurs troncs au membre thoracique. Les plus longs et les plus importants de ces troncs sont : 1° le *nerf médian* (4) ; 2° le nerf *cubital*, longeant le cubitus en dedans du précédent ; 3° le nerf *radial*, placé en dehors du médian, le long du radius.

Ce sont les nerfs principaux allant animer les muscles du membre thoracique et donner la sensibilité à la peau de ce dernier.

Plexus lombaire et sacré. — Les branches ventrales des nerfs thoraciques vont à la peau et aux muscles de la face ventrale du tronc, sous forme de plexus.

Les cinq nerfs *lombaires*, en s'anastomosant entre eux sur les côtés de la colonne vertébrale, forment un plexus (s'étendant de la moelle vers 7, fig. 142), dit *lombaire*. Celui-ci fournit une série de branches qui innervent : 1° les muscles qui s'étendent du bassin à la partie antérieure et interne du fémur ; 2° la peau correspondante de la cuisse, celle de la partie antérieure et interne de la jambe et du pied.

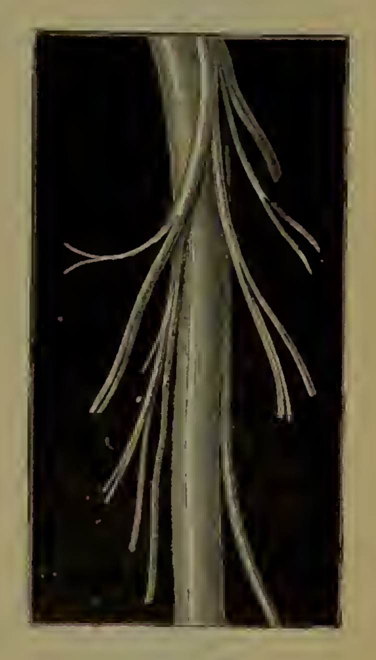


Fig. 143. — Rameaux partant d'une branche nerveuse.

La branche inférieure du plexus lombaire et les quatre premiers nerfs sacrés forment le plexus dit *sacré*, qui est situé dans la concavité du sacrum. Il fournit un grand nombre de branches aux organes situés dans le bassin, et, en bas, il donne naissance au nerf le plus volumineux et le plus long du corps, le *nerf sciatique* (fig. 142, 8). A son origine, celui-ci figure un cordon large de 2 centimètres ; il sort du bassin à la région fessière et descend derrière le fémur pour arriver au creux du jarret, où il se partage en deux troncs allant se distribuer à la jambe et au pied (9). Le plexus sacré anime les muscles fessiers, les muscles postérieurs de la cuisse, les muscles de la jambe et ceux du pied, ainsi que la peau des régions correspondantes.

Les branches ventrales des nerfs rachidiens (quatre dernières cervicales et première thoracique) forment le *plexus brachial*. Comme ces branches sont au nombre de cinq, qui est le même que celui

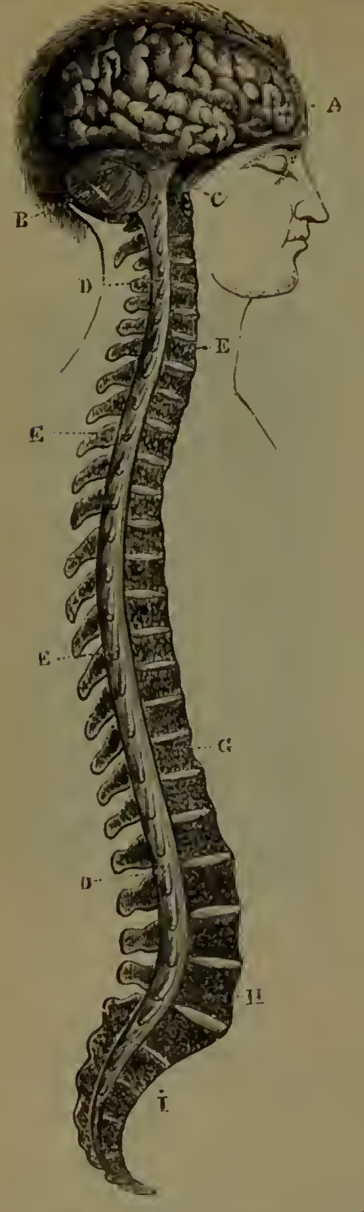


Fig. 144. — Système nerveux central, vu en place.

A, cerveau; B, cervelet; C, bulbe; D, moelle épinière avec l'origine apparente des nerfs rachidiens; E et G, région cervicale et thoracique; H, dernière vertèbre lombaire; I, sacrum.

des doigts, on a supposé que le membre thoracique résultait de la fusion de cinq appendices, ayant chacun son nerf particulier. Si cette hypothèse est plausible pour le membre thoracique, elle est évidemment erronée pour le membre abdominal. Celui-ci est également pourvu de cinq doigts, et cependant nous voyons *cinq* nerfs lombaires et *quatre* nerfs sacrés former deux plexus dont les branches vont se distribuer au membre abdominal. Ce dernier reçoit plus de nerfs que le membre thoracique, parce qu'il est plus volumineux : tel est le fait d'observation, dont toutes les théories ont à tenir compte, au risque d'être démenties par la réalité.

Moelle épinière. — Connaissant la distribution générale des nerfs qui émanent de la moelle épinière, nous allons étudier ce cordon central et voir de quelle façon les nerfs rachidiens y prennent naissance.

La moelle épinière affecte la forme d'une tige plus ou moins cylindrique (fig. 144), qui s'étend depuis le crâne jusque vers le bassin; elle suit les inflexions de la colonne vertébrale. Du côté de la tête, elle se continue directement avec l'encéphale, et, du côté du bassin, elle se termine, à proprement parler, au niveau de la première vertèbre lombaire, par un bout conique (*cône terminal*) (fig. 145, *m*). A partir de ce point, elle n'est plus représen-

tée que par un prolongement médian très mince et très délicat, le *fil terminal*. Les derniers nerfs rachidiens entourent ce fil de façon à former la *queue de cheval* (fig. 146, *q*).

La longueur de la moelle épinière est de 50 centimètres environ et ses dimensions transversales et antéro-postérieures de 1 centimètre en moyenne. Son poids n'est que de 27 grammes. Elle est épaissie et renflée aux deux régions d'où partent les nerfs des membres thoraciques et abdominaux : on désigne le premier *renflement* sous le nom de *renflement cervical* ou *brachial* (fig. 145, *rc*) et le deuxième renflement sous le nom de *renflement lombaire* ou *crural* (*rl*).

Membranes protectrices de la moelle. — La largeur du canal vertébral est le double de celle de la moelle épinière. L'espace intermédiaire aux vertèbres et à la moelle est occupé par trois enveloppes membraneuses, dites *méninges* (*méninx*, membrane). On y a ajouté le

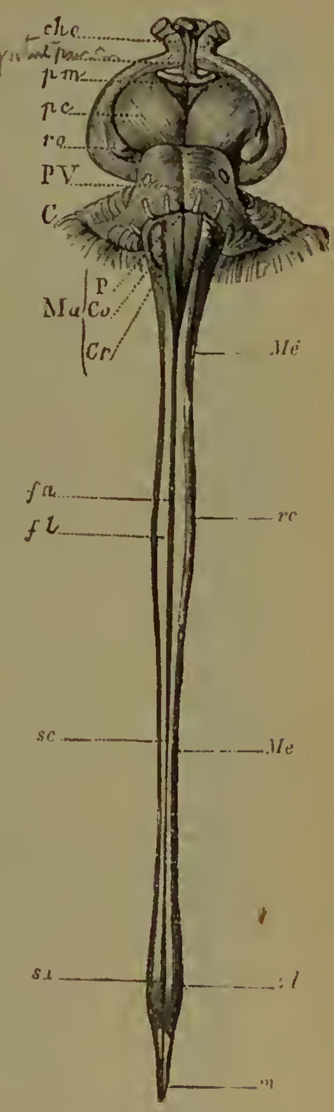


Fig. 145. — Moelle épinière et base de l'encéphale (vues par leur face ventrale).

cho, chiasma des nerfs optiques; *tp*, tige du corps pituitaire; *pm*, tubercule mamillaire; *pc*, pédoncule cérébral; *ro*, renflement en forme de genou, situé entre le pédoncule cérébral en dedans et la bandelette, dite optique, en dehors. Celle-ci aboutit en avant au chiasma. PV, pont de Varole ou protubérance annulaire; C, portion du cervelet; *Ma*, moelle allongée ou bulbe, dont P indique les pyramides, *Co* les olives, et *Cr* les corps restiformes ou pédoncules cérébelleux inférieurs; *Me*, moelle épinière; *rc*, renflement cervical; *rl*, renflement lombaire; *sa*, sillon ventral; *fa* et *fl*, cordon ventral et latéral de la moelle; *m*, cône terminal.

qualificatif « mère », parce qu'on croyait qu'elles étaient le centre et l'origine de toutes les membranes du corps. Les méninges

entourent et protègent la moelle épinière contre les violences extérieures, lui fournissent des vaisseaux et permettent certains mouvements de glissement.

La membrane interne ou *pie-mère* (*pia*, ténue) est composée de faisceaux conjonctifs qui forment un manchon très serré. La membrane externe ou *dure-mère* constitue un cylindre creux, dont la surface externe est reliée au canal rachidien par des prolongements fibreux entre lesquels se trouvent des veines et une graisse demi-fluide. La surface intérieure de la dure-mère et la surface extérieure de la pie-mère sont séparées l'une de l'autre par une ***séreuse*** semblable à celle de la cavité péritonéale ou péricardique. En effet, la surface intérieure est revêtue par une membrane lisse, le *feuillet pariétal* de la séreuse; de même la pie-mère est recouverte d'un feuillet semblable, le feuillet ***viscéral***. Ce dernier n'est pas en contact direct avec la pie-mère, il en est éloigné par une assez grande distance; mais de fins prolongements, minces comme les fils d'une toile d'araignée, s'étendent de la surface interne du feuillet viscéral à la pie-mère. De là le nom d'*arachnoïde* (*arachné*, toile d'araignée) donné à la séreuse des méninges.

Liquide céphalo-rachidien; son rôle. — Les espaces que délimitent les filaments de la surface interne du feuillet viscéral sont remplis d'un liquide très abondant. Comme les méninges se continuent du canal vertébral jusque dans le crâne et affectent autour des parties de l'encéphale des dispositions semblables, on donne au liquide des espaces sous-arachnoïdiens le nom de liquide *céphalo-rachidien*. Celui-ci peut donc circuler librement des espaces sous-arachnoïdiens du crâne jusque dans ceux du canal vertébral. De plus, les surfaces libres du feuillet viscéral et du feuillet pariétal

Fig. 146. — Moelle épinière entourée de la pie-mère et vue par la face ventrale, se continuant en haut avec le bulbe (1), et se terminant par la queue de cheval (*q*); 2, cordons ventraux ou antérieurs; 3, ganglions rachidiens; 4, sillon médian ventral.

sont revêtues d'une couche de cellules plates, qui leur permettent de glisser l'une sur l'autre, comme les surfaces correspondantes de toutes les séreuses.

Ajoutons que dans la cavité même de la séreuse il existe à peine quelques gouttes de sérosité. Le liquide céphalo-rachidien est situé en dehors de la cavité de la séreuse. Il se trouve en dedans du feuillet viscéral, dans les espaces sous-arachnoïdiens et à la surface externe de la pie-mère ; il y forme un manchon liquide dans lequel se trouvent plongés la moelle épinière et l'encéphale. Ce liquide a pour rôle d'empêcher la compression du système nerveux central. En effet, le crâne est une boîte rigide qui ne se laisse nullement dilater. Sous l'influence des pulsations du ventricule gauche du cœur, qui envoie de fortes ondées sanguines dans les artères de l'encéphale, ou bien encore lorsque le sang veineux, au moment des expirations prolongées, ne peut retourner dans la poitrine, la pression menace d'augmenter dans le crâne. Il en résulterait que la substance nerveuse, molle, de l'encéphale serait exposée à être comprimée et broyée. Ceci n'a pas lieu, grâce au liquide céphalo-rachidien qui, en s'échappant du crâne dans le rachis, diminue le contenu de la boîte crânienne et par suite la pression intra-crânienne.

Au moment de la diastole ventriculaire et de l'inspiration, la pression diminue dans le crâne, et le liquide céphalo-rachidien reflue du canal vertébral dans la boîte crânienne. Grâce à ces mouvements de flux et de reflux, le liquide céphalo-rachidien régularise la pression dans le système nerveux cérébro-spinal.

Conformation et structure de la moelle épinière. — En dépouillant la moelle de ses enveloppes, on voit qu'elle est légèrement aplatie du dos vers le ventre.

La face ventrale est parcourue par un sillon médian longitudinal (fig. 145, *sa*); au fond de ce sillon se trouve la substance blanche réunissant les deux moitiés de la moelle et appelée *commissure antérieure* ou *ventrale* (*commissura*, jonction). Les faisceaux blancs qui limitent de chaque côté le sillon ventral médian portent le nom de *cordons ventraux* ou *antérieurs* de la moelle (*fa*).

Sur la face dorsale, on voit également un sillon, *médian dorsal*. Au fond de ce sillon il y a la substance grise, ou *commissure grise* de la moelle.

Entre les cordons ventraux et les cordons dorsaux se trouve un cordon qui occupe à lui seul toute la face latérale de la moelle : on l'appelle *cordon latéral* (*fl*). Les limites extérieures de ces trois cordons sont très nettes. En effet, entre les cordons ventral et latéral, on voit se détacher de la moelle une série de filets ner-

veux, auxquels on donne le nom de *racines antérieures*, ou *ventrales*, des nerfs rachidiens. De même, entre les cordons dorsal et latéral émergent des filets nerveux dits *racines dorsales* ou *postérieures*.

Au point de vue fonctionnel, les racines ventrales sont différentes des dorsales; mais elles diffèrent encore par les particularités suivantes : les racines dorsales s'implantent sur une ligne étroite et longitudinale, de sorte qu'en les arrachant on produit un sillon (artificiel), le sillon *collatéral postérieur* ou *dorso-latéral*; les racines ventrales (fig. 147) sortent, au contraire, d'une façon irrégulière, sur une surface large de 1 à 2 millimètres.

Les racines ventrale et dorsale, qui émergent au même niveau, se dirigent en dehors vers le trou de conjugaison et, avant de sortir, se réunissent et se fusionnent en un tronc unique, le *nerf rachidien*, dont nous avons vu plus haut la distribution. Mais, fait capital à retenir, la racine dorsale présente, juste avant sa jonction avec la ventrale, un petit renflement appelé *ganglion spinal*, ce qui ne se voit jamais sur la racine ventrale (fig. 146 et 147).

La moelle épinière est composée d'une substance grise centrale et d'une substance blanche périphérique. — Telle est la configuration extérieure de la moelle épinière. Si nous nous en

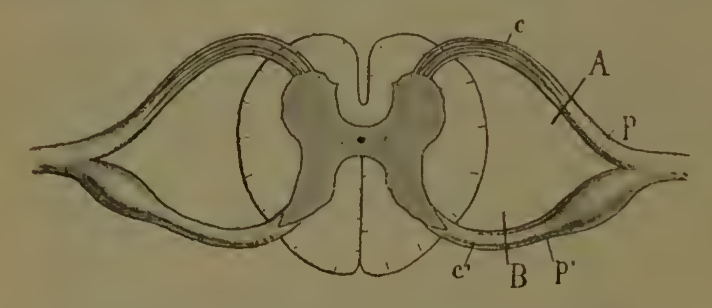


Fig. 147. — Section en travers de la moelle épinière.

La face ventrale est tournée en haut; *c*, racine ventrale partant de la corne ventrale de la substance grise; *c'*, racine dorsale, partant de la corne dorsale.

tenions là, nous pourrions conclure avec les anciens que la moelle épinière n'est qu'un gros nerf, dont elle a les apparences. Mais faisons une coupe en travers et examinons la surface de section : nous verrons que les portions périphériques sont *blanches*, tandis que la partie centrale est *grise*. Comme le montre la section (fig. 147), l'axe gris a la forme d'une H dont les jambages sont renflés aux bouts; il affecte en réalité pour la moelle tout entière la figure d'une colonne cannelée sur ses quatre faces. Les anatomistes français ont l'habitude de mettre en haut, sur les dessins,

la face ventrale de la moelle, de sorte que la partie ventrale de l'axe gris est supérieure : son renflement ventral porte le nom de *corne ventrale* ou *antérieure*, et son prolongement dorsal celui de *corne dorsale* ou *postérieure*. La forme de ces cornes est le plus souvent celle d'une *tête* se rattachant par un col au reste de l'axe gris, mais elle varie selon les régions de la moelle.

La barre transversale de l'H, qui relie les deux portions latérales de l'axe gris, est à découvert dans le fond du sillon médian



Fig. 118. — Cellule nerveuse (corne ventrale de la moelle).

b, *b*, prolongements protoplasmiques avec des ramifications (*c*, *c*); *a*, prolongement de Deiters ou cylindre-axile.

dorsal, où elle forme la commissure grise. Du côté ventral, elle n'arrive pas au niveau du sillon médian, dont elle est toujours séparée par le pont de substance que nous avons appelé la *commissure blanche*. Enfin, au centre même de la bande transversale de l'axe gris, on aperçoit la section d'un canal, *canal central* de la moelle ou canal de l'*épendyme*, qui est le reste du canal parcourant le tube médullaire de l'embryon.

Constitution de la moelle et des nerfs. — La substance grise est essentiellement formée de cellules nerveuses. — Lorsqu'on examine le fin granulé que figure la substance grise, on voit, au

microscope, qu'elle est formée essentiellement de cellules. Ces cellules, dites *nerveuses*, n'ont été découvertes que vers 1830 ; mais pendant une dizaine d'années on les a prises pour des animaux microscopiques, des infusoires. Aujourd'hui l'on sait que ce sont des éléments formés d'un noyau, d'un corps cellulaire envoyant des prolongements en tous sens (fig. 148). Les cellules nerveuses sont la plupart pourvues de prolongement multiples (*cellules multipolaires*) ; quelques-unes n'en ont que deux ; enfin, il y en a où les deux prolongements partent sous la forme d'un seul filament, qui se divise plus loin. Parfois, comme chez la grenouille, l'un des prolongements s'enroule en spirale autour de l'autre (fig. 149).

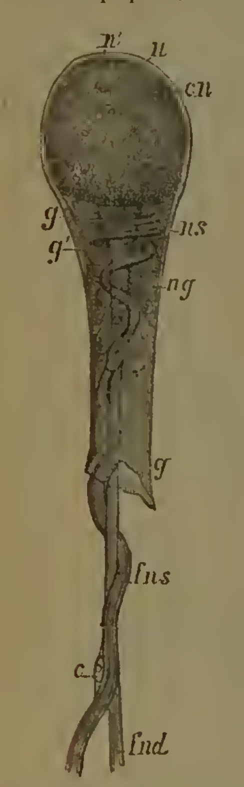


Fig. 149. — Cellule ganglionnaire sympathique de la grenouille (grossie).

cn, protoplasma; *n*, noyau avec son nucléole (*n'*); *g*, *g'*, capsule de la cellule; *ng*, noyau de la capsule; *fnd*, fibre droite de la cellule; *fns*, fibre spirale.

Les prolongements qu'émettent les cellules nerveuses sont de deux sortes : les plus nombreux (*b*), 6 à 10, sont formés de la même substance que le protoplasma de la cellule : d'où le nom de *prolongements protoplasmiques* ; au bout d'un trajet très court, ils se bifurquent et émettent des rameaux (*c*) infiniment plus multipliés que ceux qui sont représentés. Ces derniers continuent à se diviser et à former des filaments d'une ténuité extrême, allant s'entre-croiser avec ceux des cellules voisines, de sorte qu'il en résulte un enchevêtrement inextricable. Enfin, à côté des prolongements protoplasmiques, les cellules multipolaires donnent naissance à un prolongement conique (fig. 148, *a*) d'aspect homogène et réfringent : celui-ci porte le nom de *prolongement de Deiters*, du nom du médecin qui l'a découvert en 1865. Ce n'est que vers sa terminaison que ce prolongement de Deiters se divise en filets plus fins, figurant une sorte de *buisson*, dit *terminal*.

Le prolongement de Deiters est remarquable à un autre point de vue : il sort de la substance grise et se prolonge dans la substance blanche sous la forme d'un cylindre appelé le *cylindre-axe*.

De là il passe dans les racines des nerfs périphériques, et se termine dans les organes. On a fait à ce sujet une observation intéressante : les cellules nerveuses des cornes ventrales, par exemple, sont d'autant plus volumineuses que le cylindre-axe auquel elles donnent naissance fait partie d'un nerf plus long. Voilà pourquoi on trouve les cellules les plus grandes dans les renflements cervical et lombaire dont les nerfs vont au bout des doigts ou des orteils.

La substance blanche se compose de cylindres-axes entourés de myéline. — Nous venons de voir que le cylindre-axe se prolonge dans la substance blanche. Au moment où il y arrive, il s'entoure d'un manchon d'une substance particulière appelée la *myéline*, qui est liquide et brillante et réfracte fortement la lumière, d'où la couleur blanche de la substance périphérique de la moelle et celle des nerfs rachidiens. Sur la figure 150, en *i*, on a conservé autour du cylindre-axe un bout de la gaine de myéline. On donne au cylindre-axe le nom de *fibre nerveuse*. Celle-ci peut s'entourer d'un manchon de myéline : ce sont alors (fig. 150) les fibres à myéline. On leur avait donné le nom de *tube nerveux* à une époque où l'on croyait qu'il y avait un canal à la place du cylindre-axe.



Fig. 150.

e, cellule nerveuse à deux prolongements; *i*, fibre nerveuse, dont la partie moyenne est entourée de la gaine de myéline et dont les deux bouts présentent le cylindre-axe nu.

Les fibres des nerfs rachidiens sont formées d'un cylindre-axe, de myéline et d'une gaine de Schwann. — En passant de la moelle dans les racines des nerfs rachidiens, la fibre nerveuse s'entoure d'une seconde enveloppe, découverte par un professeur de médecine de Louvain, Schwann, vers 1840 : d'où son nom de *gaine de Schwann*. Celle-ci accompagne la fibre nerveuse jusqu'à sa terminaison dans les organes; elle est très mince et hyaline; elle enserre et protège le nerf à la façon d'un bas élastique.

La présence de la gaine de Schwann amène une modification intéressante dans la gaine de myéline : comme le montre la figure 151 en *e*, la fibre nerveuse paraît rétrécie et étranglée de distance en distance. Cet aspect est dû à ce fait que la gaine de Schwann arrive, de distance en distance, au contact du cylindre-axe et que la myéline manque à cet endroit.

Ces étranglements en forme d'anneaux ont été découverts par

M. Ranvier : d'où le nom d'*étranglements de Ranvier* par lequel il convient de les désigner.

Névroglie. — Tels sont les éléments essentiels qui constituent la substance grise, la substance blanche de la moelle et celle des nerfs rachidiens. J'ajoute qu'entre les cellules nerveuses de la substance grise se trouve une matière qu'on a comparée à une glu servant à les réunir : d'où le nom de *névroglie* (*neuron*, nerf; *glia*, glu). La névroglie n'est pas du tissu conjonctif, mais un tissu particulier de soutien, constitué par des cellules en forme d'araignée et de nombreux filaments s'enchevêtrant et s'entre-croisant en tous sens avec les prolongements des cellules nerveuses. Des cellules appartenant également à la névroglie, mais munies de cils vibratiles à leur extrémité libre ou interne, revêtent le canal central de la moelle.

Les éléments de la névroglie s'étendent comme charpente de soutien jusque entre les fibres nerveuses de la substance blanche de la moelle.

Quant aux fibres nerveuses des nerfs rachidiens, elles sont réunies les unes aux autres par un véritable tissu conjonctif, qui envoie entre elles des traînées très fines et les entoure d'un manchon péri-

Fig. 151.— Fibre nerveuse montrant un filament central (cylindre-axe), entouré d'une gaine de myéline, qui est elle-même enfermée dans la gaine de Schwann. Cette dernière présente un noyau en *c*. De distance en distance, on voit un étranglement (*e*). (Très grossie.)

Fig. 152. — Plusieurs fibres nerveuses à myéline avec leurs étranglements (*e*, *e*) et les noyaux de la gaine de Schwann (*n*, *n*).

phérique très résistant. De nombreux vaisseaux amènent le sang rouge et pénètrent dans toutes les parties de la moelle, surtout dans la substance grise. Les nerfs périphériques sont également très vasculaires.

Les ganglions spinaux, situés sur le trajet des racines dorsales (voir p. 250), sont des amas de cellules nerveuses qui représentent en réalité des îlots de substance grise détachés de la moelle épinière. Chacune des cellules qui les composent est pourvue de deux prolongements, l'un allant vers la moelle et l'autre se dirigeant vers la périphérie (fig. 150, *c*). La cellule nerveuse est donc simplement placée sur le trajet d'une fibre nerveuse. Ce qui démontre ce fait, c'est que les fibres nerveuses, composant la racine dorsale entre la moelle et le ganglion spinal, sont *en même nombre* que celles qui partent du ganglion pour aller vers la périphérie.

Fonction des nerfs rachidiens. — Chacun a remarqué qu'en se brûlant au doigt on ressent une vive douleur et qu'on a la faculté de retirer la main de l'objet qui la blesse. Les anciens connaissaient ce fait et savaient en outre que, quand les nerfs allant à un membre étaient coupés par accident, ce membre ne sentait plus la douleur et avait perdu la propriété de contracter ses muscles. Jusqu'au début du XIX[e] siècle, on se bornait à faire des suppositions sur le rôle des nerfs : on pensait qu'ils conduisaient, les uns le mouvement, les autres la douleur, ou bien qu'ils transmettaient mouvement et douleur, selon les circonstances.

Les racines dorsales renferment des fibres sensitives. — En 1811, le chirurgien anglais Ch. Bell, en faisant des expériences sur les animaux, distingua, à la face, des nerfs qui conduisaient les impressions de la peau vers l'encéphale (*nerfs sensitifs*, ou *centripètes* (*centrum*, le centre ; *peto*, je gagne) et des nerfs qui conduisaient le mouvement de l'encéphale vers la périphérie, nerfs *moteurs* ou *centrifuges* (*fugo*, je fuis).

En 1822, le médecin français Magendie entreprit de voir si les racines des nerfs rachidiens étaient semblables entre elles, au point de vue de leur fonctionnement. Sur un jeune chien de six semaines, il coupa les racines dorsales des nerfs lombaires et sacrés (fig. 147, B) ; au moment de la section, l'animal criait ; après l'opération, le membre correspondant était insensible à la douleur. En excitant le bout central de la racine dorsale (*c'*), Magendie vit l'animal se débattre et pousser des cris, tandis que le bout périphérique (*p'*), excité, ne donnait lieu à aucune réaction. Il conclut de cette expérience que les filets nerveux de la racine dorsale conduisent les impressions périphériques vers la moelle ; ils sont exclusivement *centripètes* ou *sensitifs*.

Les racines ventrales renferment des fibres motrices. — Dans une seconde série d'expériences, Magendie, laissant les racines dorsales intactes, coupa les racines ventrales (fig. 147, A). Au moment de la section, il constata des soubresauts dans les membres du côté opéré; après la section, le membre était immobile et flasque (paralysé de mouvement), tandis qu'il conservait sa sensibilité. En excitant le bout périphérique de la racine ventrale (A, *p*), il produisait des contractions dans les muscles, tandis qu'en excitant son bout central (A, *c*) il ne vit pas réagir l'animal. Il en conclut que la racine ventrale contient des filets nerveux qui ne conduisent pas vers le centre; elle renferme exclusivement des nerfs *centrifuges* ou *moteurs*.

Nerf mixte. — En se réunissant pour former les nerfs rachidiens, les racines ventrales uniquement motrices et les racines dorsales uniquement sensitives donnent naissance à un faisceau nerveux où les fibres sensitives sont juxtaposées aux fibres motrices, mais chacune conservant ses propriétés jusqu'au bout : les nerfs rachidiens sont donc des *nerfs mixtes*, c'est-à-dire à la fois sensitifs et moteurs.

Sensibilité récurrente. — Au moment où la racine dorsale rencontre et aborde la racine ventrale, la première donne à la seconde quelques fibres qui suivent la racine ventrale et semblent retourner vers la moelle. Ces fibres à trajet *récurrent* (*recurrere*, retourner, rebrousser chemin) partent réellement de la racine dorsale, et, si on les excite dans le bout périphérique de la racine *ventrale* coupée, elles donnent lieu à des phénomènes de sensibilité, comme toutes les fibres périphériques des racines dorsales. Magendie, qui a découvert ce fait en 1839, a donné à ce phénomène le nom de *sensibilité récurrente*.

Les *racines ventrales* ou motrices sont des fibres nerveuses, qui sont des prolongements cylindraxiles des cornes ventrales de l'axe gris de la moelle. Les *racines dorsales* ou sensitives sont au contraire des prolongements cylindraxiles des cellules des ganglions spinaux. Chacune de ces dernières cellules est pourvue d'un double prolongement : le prolongement *central* va vers la moelle, et le prolongement *périphérique* se dirige au dehors pour faire partie du nerf mixte (fig. 183, B).

Bulbe rachidien. — La moelle, en passant du canal vertébral dans le crâne, grossit et forme un prolongement, appelé *bulbe rachidien*; on le nomme encore *moelle allongée*, en raison de ce qu'il n'est que la continuation directe de la moelle. Bien que long de 3 centimètres seulement, large de 15 millimètres en bas et de 25 millimètres en haut, quoique ne pesant que 9 grammes

(1/5 de la moelle), le bulbe est une des parties les plus importantes des centres nerveux. Il sert de trait d'union entre la moelle et l'encéphale : c'est dans le bulbe et sa prolongation que prennent naissance la plupart des nerfs crâniens.

Pour étudier le bulbe, nous devons l'examiner sur ses différentes faces.

En regardant la section verticale et médiane de l'encéphale (fig. 155), on voit bien que la moelle (E) se continue, sans ligne de démarcation, avec la partie X qui est le bulbe ; que l'extrémité



Fig. 155. — Encéphale (coupe médiane et verticale).

AA, face interne de l'hémisphère gauche ; B, corps calleux (coupé) ; C, couche optique ; D, protubérance annulaire ; E, moelle ; F, arbre de vie ; G, face extérieure du lobe gauche du cervelet ; S, aqueduc de Sylvius ; P, glande pinéale ; X, bulbe

opposée de celui-ci est séparée par un sillon transversal de la portion renflée D, qui porte le nom de *protubérance annulaire*. Du côté dorsal, le bulbe est recouvert par le cervelet F et G.

Pédoncules cérébelleux. — De la face dorsale du bulbe part un prolongement qui se dirige vers la face ventrale du cervelet ; on le nomme *pédoncule cérébelleux inférieur* ou *corps restiforme* (*restis*, cordon) (fig. 154, 7). En avant de celui-ci, le cervelet envoie un autre prolongement vers le cerveau : on l'appelle le *pédoncule cérébelleux supérieur* (9).

4e ventricule. — Entre la face ventrale du cervelet d'une part, la face dorsale du bulbe et de la protubérance annulaire d'autre

part, on aperçoit une cavité irrégulière, le 4e *ventricule*, dans lequel se trouve une mince lamelle nerveuse, une sorte de voile recouvert de la pie-mère avec de nombreux vaisseaux (*plexus choroïdes* du 4e ventricule). Ce voile forme la paroi dorsale du 4e ventricule, dont la paroi ventrale est constituée par le bulbe et la protubérance : à la limite du bulbe et de la moelle s'ouvre le canal central de la moelle, dont le 4e ventricule ne figure qu'un élargissement. Celui-ci se rétrécit du côté opposé, c'est-à-dire vers la protubérance annulaire, pour se continuer avec un canal qui aboutit entre les moitiés du cerveau. Ce canal porte le nom d'*aqueduc de Sylvius* (fig. 153, S), du nom latinisé de François De le Boë, qui l'a bien décrit le premier au XVIIe siècle.

Pyramides. — Du côté de la face ventrale du bulbe (fig. 145), le sillon médian ventral de la moelle *semble* se prolonger dans le bulbe, et, de chaque côté, les cordons *ventraux* de la moelle *paraissent* se continuer dans le bulbe en se renflant pour former les *pyramides ventrales* (P). En dehors des pyramides on aperçoit deux saillies ovalaires, les *corps olivaires* (Co) ou *olives*. En dehors des olives se trouve de chaque côté un faisceau, dit *latéral* ou intermédiaire du bulbe.

Un sillon sépare superficiellement le bulbe d'avec la protubérance annulaire (PV), dont la portion superficielle est formée de fibres transversales unissant les parties latérales du cervelet. C'est une sorte de pont sur lequel le médecin italien Varoli a appelé l'attention au XVIe siècle : d'où le terme de *pont de Varole* employé quelquefois pour désigner la protubérance annulaire.

Ces fibres transversales ne forment qu'une couche superficielle, recouvrant, comme le manteau d'un pont, les pyramides ventrales qui se prolongent à travers la protubérance (fig. 145), pour se dégager bientôt et s'écarter de chaque côté de la ligne médiane en formant les *pédoncules cérébraux* (*pc*). Chacun de ceux-ci va plonger dans la moitié correspondante du cerveau, où nous les retrouverons.

La face dorsale du bulbe étant recouverte par le cervelet, il est nécessaire, pour la voir, d'enlever la portion moyenne de cet organe : c'est ce qui a été fait dans la figure 154, où la partie latérale droite du cervelet a été conservée pour montrer les relations de cet organe avec les parties voisines. La face dorsale du bulbe *B* présente de chaque côté de la ligne médiane le prolongement des cordons dorsaux de la moelle, divisés chacun en deux faisceaux secondaires. Bientôt ces cordons dorsaux s'écartent l'un de l'autre, et deviennent les pédoncules *cérébelleux inférieurs* ou corps *restiformes* (fig. 154, 7).

De la partie latérale du cervelet part, de chaque côté, un autre prolongement qui contourne la partie qui fait suite au bulbe et forme avec celui de l'autre côté les fibres transversales de la protubérance annulaire (*pédoncules cérébelleux moyens*) (154, 8).

Plancher du 4e ventricule. — Comme le montre la figure 154, les pédoncules cérébelleux inférieur et supérieur délimitent une surface losangique, dite *plancher du 4e ventricule.*

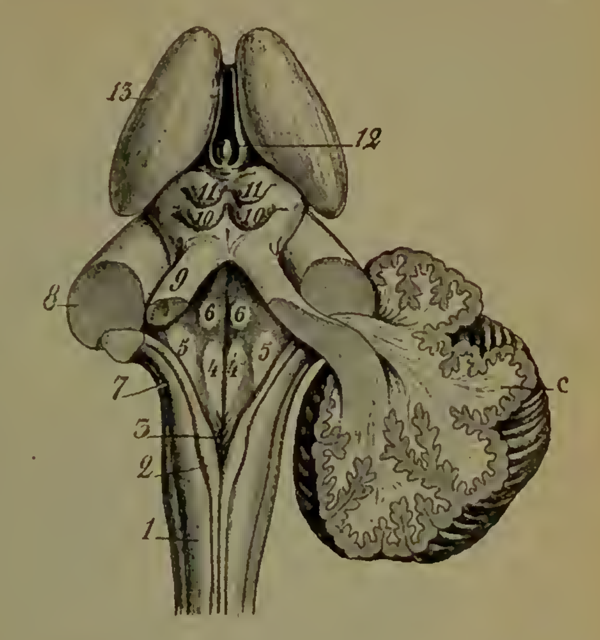


Fig. 154. — Vue de la moelle cervicale, du bulbe, de la protubérance annulaire et des couches optiques.

Le cerveau a été enlevé, ainsi que le cervelet, sauf la partie inférieure de l'hémisphère cérébelleux droit, qui présente l'*arbre de vie* (*c*). 1, cordon dorsal de la moelle, qui *semble* se continuer en haut avec le pédoncule cérébelleux inférieur (7), dont la partie interne (2) est appelée *pyramide postérieure*; 3, bec du calamus avec ses barbes; 4, 4, aile blanche interne, noyau d'origine de l'hypoglosse; 5, 5, *aile blanche externe*, noyau d'origine du nerf auditif; entre 4 et 5 existe une traînée grise, dite *aile grise*, noyau d'origine du glosso-pharyngien, du pneumogastrique et d'une partie du spinal; 6, 6, noyau de l'oculo-moteur externe et du facial; 8, pédoncule cérébelleux moyen; 9, pédoncule cérébelleux supérieur; 10 et 11, tubercules quadrijumeaux inférieurs (10) et supérieurs (11); 12, glande pinéale; 13, couche optique.

Ce losange se compose de deux triangles, l'un bulbaire et l'autre protubérantiel, adossés par leur base, et il répond à la face dorsale du bulbe et de la protubérance.

Ce plancher est parcouru par le sillon médian, qui a été comparé à une plume à écrire (plume d'oie avec ses barbes) : d'où le nom de *calamus scriptorius*; son bout bulbaire ou *bec* figure la fossette où vient s'ouvrir le canal central de la moelle épinière.

Nerfs crâniens. — C'est dans le bulbe et ses prolongements que prennent naissance les nerfs crâniens, sauf les deux premiers (nerfs

de l'odorat et de la vue). Voici comment ils émergent de l'encéphale :

En examinant la face ventrale, c'est-à-dire la base de l'encéphale, on aperçoit le bout central de ces nerfs avec leurs numéros d'ordre.

On les compte d'avant en arrière et on les groupe en 12 paires. Outre le nerf olfactif (7) et le nerf optique (12) qui partent

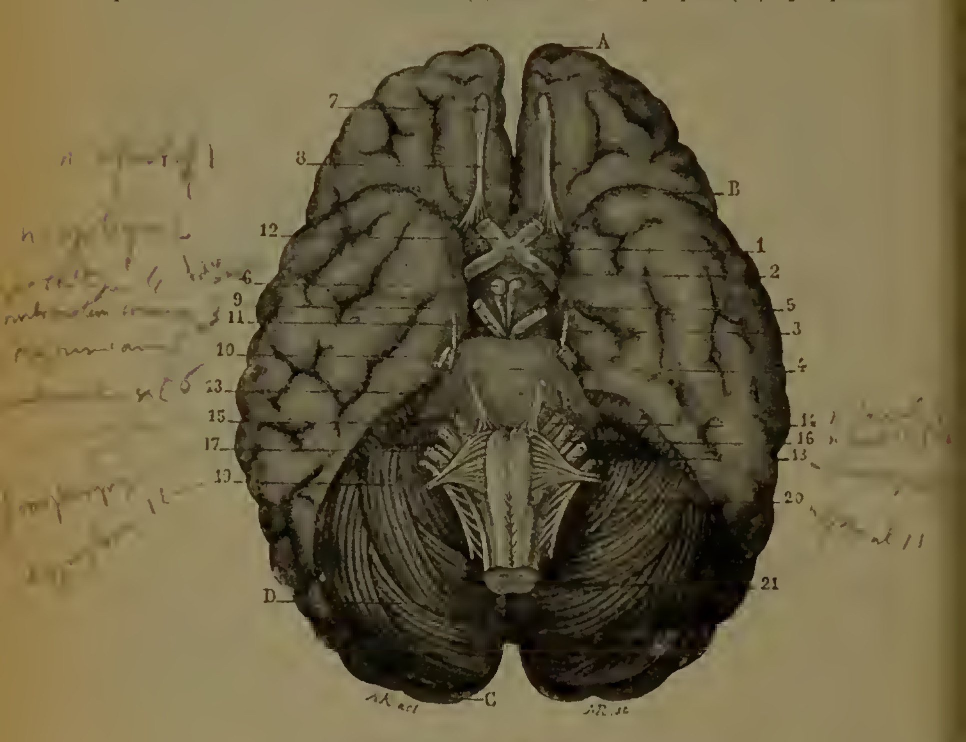


Fig. 155. — Base du cerveau.

A, lobe frontal; B, lobe temporal; C, lobe occipital; D, cervelet; 1, espace latéral, perforé de trous vasculaires; 2, tubercule cendré, avec la tige du corps pituitaire; 3, pédoncule cérébral; 4, protubérance annulaire; 5, espace perforé moyen (entre les deux pédoncules); 6, tubercules mamillaires; 7, bulbe olfactif avec sa bandelette rétrécie (8); 9, nerf pathétique; 10 nerf trijumeau; 11, nerf oculo-moteur commun; 12, chiasma des nerfs optiques; 13, nerf oculo-moteur externe; 14, nerf facial; 15, nerf intermédiaire de Wrisberg; 16, nerf auditif; 17, nerf glosso-pharyngien; 18, nerf pneumo-gastrique; 19, nerf hypoglosse; 20, nerf spinal; 21, section de la moelle épinière.

du cerveau, nous voyons la 3e paire émerger en avant de la protubérance annulaire, sur le bord interne du pédoncule cérébral : c'est un nerf moteur, dit *oculo-moteur commun*, qui va aux muscles de l'œil (fig. 155, 11).

La 4e paire (9) apparait en dehors de chaque pédoncule céré-

bral; elle est également motrice et se rend au muscle grand oblique de l'œil : c'est le nerf *pathétique* (voir p. 556).

La 5e paire (10) sort des parties latérales de la protubérance annulaire par deux racines, l'une externe, grosse, l'autre interne, petite. La grosse va se diviser bientôt en trois branches allant aux trois régions de la face (œil, mâchoire supérieure et mâchoire inférieure) : d'où le nom de *trijumeau*. Ce nerf est sensitif par sa grosse racine, et moteur par sa petite racine, qui accompagne la 3e branche (mâchoire inférieure) (voir p. 51, 521 et 556).

La 6e paire (13) émerge, près de la ligne médiane, du sillon qui se trouve entre le bulbe et la protubérance annulaire; c'est un nerf moteur qui va au muscle droit externe de l'œil ou *nerf oculo-moteur externe* (voir p. 556).

Du même sillon bulbo-protubérantiel, mais plus en dehors, sortent les nerfs des 7e et 8e paires. Le nerf de la 7e paire (14) est moteur et va aux muscles de la face : c'est le *nerf facial*. Celui de la 8e paire (16) donne la sensibilité spéciale à l'organe de l'ouïe : c'est le nerf *auditif* ou *acoustique* (voir p. 564).

Entre la 7e paire et la 8e paire on aperçoit un filet nerveux (15) qui a été découvert par Wrisberg, médecin allemand de la fin du XVIIIe siècle. On l'appelle le *nerf intermédiaire de Wrisberg* (p. 528).

Les trois paires suivantes (9e, 10e et 11e paires) prennent naissance dans le sillon intermédiaire au faisceau latéral du bulbe et au corps restiforme; chacune de ces paires est mixte. La 9e paire (17) va à la muqueuse de la langue et au pharynx : d'où le nom de *glosso-pharyngien* (voir p. 527). La 10e paire (18) se distribue à l'œsophage, à l'estomac, au poumon, au cœur, etc. : c'est le *pneumogastrique*, nerf *vague* ou *trisplanchnique*. La 11e paire (20) est le nerf du larynx : c'est le *spinal*, s'implantant par une longue série de filets dans le bulbe et la moelle cervicale (voir p. 291 et 584).

Enfin la 12e paire (19) prend naissance par une série de filets échelonnés entre la pyramide ventrale et l'olive correspondante. C'est le nerf moteur de la langue, qu'il aborde par sa face ventrale; il s'appelle le *nerf hypoglosse* (*hypo*, au-dessous; *glossa*, langue).

FONCTIONS DU BULBE ET DE LA MOELLE

Telle est la configuration du bulbe et des organes avoisinants. Galien avait déjà vu que la lésion de cette partie du système nerveux central est très grave. Dans la première moitié de ce siècle, le physiologiste français Flourens a fait connaître un point dont la destruction amène la mort immédiate.

Nœud vital. — On peut, en effet, chez un animal, sectionner et détruire la moelle épinière sur une étendue plus ou moins grande : l'animal continue à vivre. D'autre part, Flourens, ayant enlevé à des oiseaux et à des mammifères le cerveau et le cervelet, constata qu'ils continuaient à respirer. Mais un coup de scalpel donné dans le bulbe vers le bec du *calamus scriptorius* suffit pour faire cesser la vie chez les animaux : « C'est-là, dit Flourens, la clef de voûte de tout l'organisme, le *nœud vital* » (fig. 154, 5).

Ces faits sont certes d'un intérêt puissant, et ils ont paru étranges tant qu'on ignora la façon dont ils se produisaient, tant que la constitution du bulbe et l'origine des nerfs crâniens furent à l'état d'inconnues. Des recherches toutes récentes sont venues jeter une vive lumière sur la question.

Entre-croisement des pyramides. — Depuis le commencement du XVIIIe siècle, un médecin de Rome, Mistichelli, avait vu que le sillon médian ventral de la moelle, en arrivant dans le bulbe, présente, comme on le voit sur la figure 155, au-dessus de 21, des fibres qui passent obliquement d'une pyramide à l'autre. C'est là l'*entre-croisement* ou *décussation* (*decussatio*, croisement) des pyramides. Mais à l'œil nu il n'est pas possible de suivre les filets nerveux assez loin et de savoir s'il y a échange d'une partie ou de la totalité des fibres nerveuses des pyramides.

M. Mathias Duval, en faisant des sections régulières dans un ordre bien déterminé, est arrivé à suivre, au microscope, le trajet des divers cordons de la moelle à travers le bulbe et à voir ce que devient l'axe gris.

Trajet des faisceaux blancs dans le bulbe. — Sur toute la longueur de la moelle thoracique et cervicale, le cordon ventral de droite (fig. 156, D*i*) envoie à travers la commissure blanche des fibres obliques (*a*) qui vont dans le cordon gauche et s'entre-croisent avec les fibres qui vont de l'autre côté. Il en résulte deux faisceaux qui, s'étant croisés au niveau de la moelle, traversent les pyramides ventrales du bulbe sans s'y entre-croiser : ce sont les deux *faisceaux pyramidaux directs* (D*i*).

Les cordons latéraux de la moelle contiennent chacun un faisceau (C*r*) qui suit un trajet direct jusqu'au bulbe ; mais, en arrivant à ce niveau, ce faisceau (droit) se dirige obliquement vers celui du côté opposé, se croise avec lui sur la ligne médiane et passe dans la pyramide ventrale du côté gauche. Ce faisceau, direct à la moelle, mais croisé au bulbe, porte le nom de *faisceau pyramidal croisé* (C*r*). C'est lui qui forme la décussation des pyramides en s'entre-croisant avec celui de gauche.

Les fibres des pyramides vont de là traverser la protubérance,

puis elles se prolongent dans le pédoncule cérébral correspondant, dont elles forment l'étage ventral.

De même les cordons dorsaux de la moelle renferment chacun

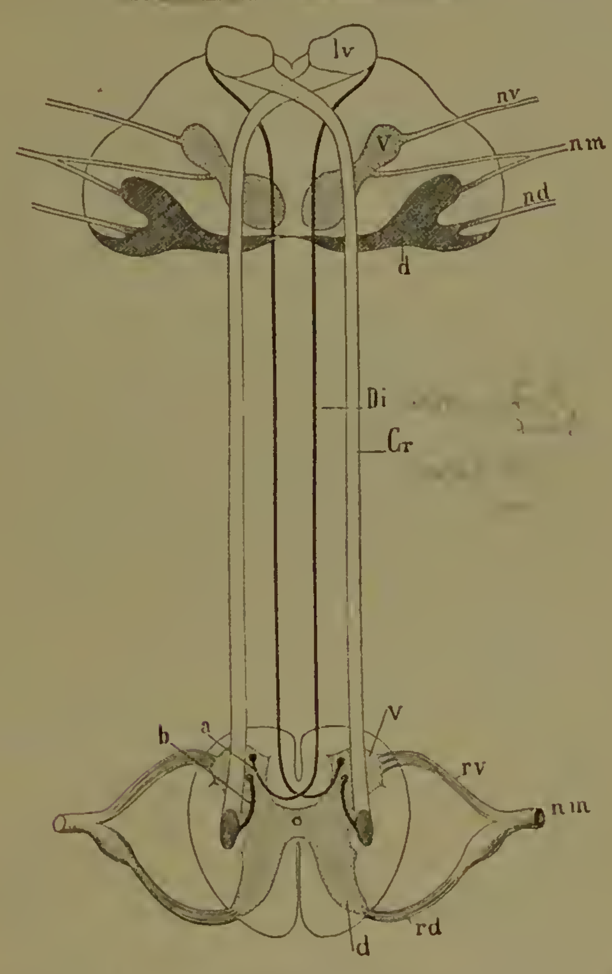


Fig. 156. — Figure théorique représentant *en bas* une coupe transversale de la moelle, et *en haut* une coupe semblable du bulbe pour montrer comment se comportent les cordons de la moelle en passant dans le bulbe.

Di, faisceau pyramidal direct de *droite*, qui, en bas, passe en *a* dans la moitié *gauche* de la moelle et, en haut, se place sur la partie externe de la pyramide (*lv*); *Cr*, faisceau pyramidal croisé, qui se termine en bas dans la moitié correspondante de la moelle (*b*) et s'entre-croise dans le bulbe pour passer dans le côté opposé; V, corne ventrale de la moelle et du bulbe; *dd*, corne dorsale des mêmes; *rv*, racine ventrale des nerfs rachidiens; *rd*, racine dorsale des mêmes; *nm*, nerf mixte (crânien ou rachidien); *nv*, nerf moteur crânien; *nd*, nerf sensitif crânien.

un faisceau qui monte directement dans la moelle; comme les faisceaux pyramidaux croisés, ils s'inclinent dans le bulbe, et les fibres de droite passent à gauche, et réciproquement. Après cette décussation, ces deux faisceaux montent dans le bulbe, puis dans la protubérance, et forment l'étage dorsal des pédoncules cérébraux.

Par leur trajet oblique vers la face ventrale du bulbe, le faisceau pyramidal croisé et le faisceau dorsal passent à travers la substance grise des cornes ventrale et dorsale de la moelle et la divisent en îlots isolés. De ces îlots, les uns sont placés sur le plancher du 4e ventricule, les autres restent logés dans l'épaisseur même du bulbe. Or M. Mathias Duval a pu établir la signification de ces îlots et leur relation avec l'origine des nerfs crâniens.

Disposition et valeur des amas gris du bulbe. — Nous savons que dans la moelle les racines ventrale et dorsale prennent naissance sur les cornes de même nom : de la réunion des deux sortes de filets résulte le nerf mixte. De même dans le bulbe, des filets (*nv*) qui s'implantent uniquement dans le prolongement des cornes ventrales (V), forment les racines de l'hypoglosse, du facial et des nerfs moteurs de l'œil (oculo-moteur externe, pathétique et l'oculo-moteur commun). Le nerf auditif (*nd*) prend exclusivement naissance dans la substance grise faisant suite à la corne dorsale (*d*) : c'est donc un nerf centripète. Les nerfs spinal, pneumo-gastrique, glosso-pharyngien et trijumeau, au contraire, se comportent comme les nerfs rachidiens : une partie de leurs filets d'origine s'implantent en effet dans l'îlot (V) et l'autre partie dans l'îlot (*d*). En se réunissant les uns aux autres, ces deux sortes de filets forment les nerfs mixtes (moteur et sensitif) des 11e, 10e, 9e et 5e paires (*nm*).

Usages des cordons blancs de la moelle et du bulbe. — Ce qui corrobore et confirme pleinement les faits précédents, c'est l'étude des lésions produites par les sections et les maladies qui désorganisent le système nerveux. Comme l'a indiqué le premier le médecin anglais Waller, vers 1850, lorsqu'on divise sur un animal la racine ventrale d'un nerf rachidien, les fibres nerveuses du bout périphérique s'altèrent et se détruisent : elles *dégénèrent* du centre à la périphérie. Lorsqu'on sectionne au contraire la racine dorsale, c'est le bout central, attenant à la moelle épinière, qui dégénère de la périphérie au centre, tandis que le bout qui reste en relation avec le ganglion rachidien continue à vivre.

Les fibres nerveuses du système nerveux central se comportent d'une façon identique : les maladies destructives de l'encéphale ou de la moelle épinière produisent la dégénération centrifuge (*des-*

cendante) des faisceaux centrifuges ou moteurs, et la dégénération centripète (*ascendante*) des faisceaux centripètes ou sensitifs. Si la lésion porte sur la moelle, la dégénération centrifuge des faisceaux direct et croisé de la moelle a lieu du même côté que celui où siège la lésion ; la paralysie du mouvement se produira du même côté également. Il en est ainsi du cordon dorsal de la moelle, où la dégénération centripète aura lieu du même côté que la lésion. Mais si la lésion survient *au delà* de l'entre-croisement des pyramides, dans le bulbe, la protubérance, le pédoncule cérébral ou plus loin encore, la dégénération s'effectuera dans le faisceau pyramidal croisé du côté opposé à la lésion, et, dans le faisceau pyramidal direct, du côté correspondant à la lésion (fig. 156, D*i* et C*r* en haut).

Nous conclurons donc que le cordon ventral (faisceau pyramidal direct) et le cordon latéral (faisceau pyramidal croisé) renferment des fibres centrifuges ou motrices, tandis que le cordon dorsal ne contient que des fibres centripètes ou sensitives.

Citons, comme exemple de la dégénération des cordons dorsaux, cette maladie caractérisée par la démarche difficile et désordonnée (*ataxie locomotrice progressive* ; de *ataxia*, désordre) : le malade, ayant perdu les impressions du tact, lance en marchant ses jambes follement en avant et en dehors. Cette maladie débute par des douleurs aiguës et rapides comme des éclairs, ce qui s'explique par l'irritation des filets des racines dorsales, et elle finit par une insensibilité à peu près complète des membres abdominaux. Lorsqu'on examine plus tard les cordons dorsaux de la moelle, on les trouve, ainsi que les parties avoisinantes, dégénérés jusqu'auprès du bulbe.

Une partie des fibres des cordons ventral, latéral et dorsal s'arrêtent au bulbe. Le cordon latéral a, en outre, des fibres qui vont jusqu'au cervelet. Autre fait intéressant : l'axe gris de la moelle sert à conduire vers l'encéphale les impressions sensitives, puisque la destruction, sur une partie plus ou moins étendue, des fibres blanches n'abolit pas totalement la sensibilité des parties sous-jacentes.

La moelle est un centre nerveux. — Jusqu'ici nous n'avons considéré la moelle que comme agent conducteur; mais, par la présence des cellules nerveuses, elle n'est pas un gros nerf, comme on croyait au temps jadis.

Enlevons la tête à une grenouille : sa volonté sera supprimée, le tronc et les membres resteront immobiles. Mais, si vous pincez légèrement la patte gauche de derrière, celle-ci fera un mouvement. Analysons ce qui s'est passé : l'impression périphérique a été con-

duite à la moelle par les nerfs centripètes, et de l'axe gris est partie une excitation qui, en suivant les nerfs centrifuges, a produit la contraction des muscles.

Acte réflexe médullaire. — On donne le nom de *réflexe* à cette série d'actes, comme si l'impression n'avait fait que se réfléchir aux muscles par l'intermédiaire des nerfs et de la moelle. Ajoutons que, si l'une des parties de cet arc (nerf centripète, axe gris, ou nerf centrifuge) est divisée ou détruite, le réflexe n'aura plus lieu.

Plusieurs questions se posent au sujet d'un acte réflexe. D'abord que conduit le nerf? On avait supposé que le courant était de la chaleur ou de la lumière, et surtout de l'électricité. Il n'en est rien. En coupant une fibre nerveuse et, en en rejoignant les deux bouts, le courant ne passe plus, tandis que l'électricité repasse par le fil télégraphique dont on rejoint les deux bouts. De plus, on sait quela vitesse du fluide électrique est de 460 000 kilomètres à la seconde, tandis que le courant nerveux ne se propage par seconde, *dans les nerfs moteurs*, qu'avec une vitesse de 30 mètres chez la grenouille, de 60 mètres chez l'homme. La rapidité de sa propagation varie même, comme l'a montré M. Chauveau, chez les individus de même espèce : sa vitesse est plus grande chez les chevaux de race, par exemple.

Telle est la vitesse du courant dans le nerf *moteur*; dans le nerf sensitif, elle est de 130 mètres, c'est-à-dire deux fois aussi rapide. Il semble donc qu'il y a une différence entre les courants nerveux centripète et centrifuge.

Ces faits sont de nature à faire admettre que le *courant nerveux* est différent du courant électrique. Ajoutons que la rapidité avec laquelle le nerf conduit le courant, varie avec la température du nerf et que le *froid* abolit transmission et sensibilité.

Autre différence : Un nerf qui est excité avec un excitant de *même* intensité sur deux points, situés à des distances différentes du muscle, ne répond pas de la même façon : l'excitation qui vient de *plus loin* donne une contraction plus énergique que l'autre. Le courant nerveux acquiert des forces à mesure qu'il progresse dans le nerf : il se comporte comme la *boule de neige* ou l'*avalanche*.

Concluons : Le réflexe est un acte par lequel l'impression périphérique d'un nerf sensitif est conduite à des cellules nerveuses, qui (après élaboration ou transformation de l'impression) réfléchissent l'excitation sur un nerf moteur. Nous jugeons qu'il y a réflexe quand, après excitation d'un nerf sensitif, nous voyons se produire une contraction dans les muscles ou une sécrétion dans les glandes. Il se produit des quantités de réflexes tous les jours

sous nos yeux. Regardez une personne endormie; une mouche se pose sur son visage; son bras se contracte et fait le mouvement pour la chasser. Chatouillez à cet individu la plante des pieds, il retirera le pied, et, au réveil, il n'aura pas conservé la mémoire des actes accomplis, parce que la sensibilité consciente et la volonté sont presque entièrement éteintes pendant le sommeil.

Plus l'excitation périphérique est forte, plus grand sera le nombre des muscles qui se contracteront; si sur la grenouille décapitée, par exemple, vous augmentez l'excitation de la patte, elle retirera non seulement la patte intéressée, mais encore celle de l'autre côté. Enfin, si vous l'augmentez encore, les quatre membres se mettront en mouvement, et elle sautera. En un mot, selon l'expression de M. Mathias Duval, l'excitation centripète arrivant à l'axe gris y forme *tache d'huile*; plus elle sera considérable, plus la tache s'étendra le long de la moelle, d'abord d'un côté à l'autre, et ensuite d'arrière en avant.

ENCÉPHALE

A l'origine, la partie du système nerveux logée dans le crâne (*encéphale*) est un tube qui s'est formé comme la moelle épinière et qui la continue en avant. Tout le tube encéphalo-médullaire est parcouru par un canal central, qui se rétrécira à mesure que ses parois s'épaissiront. Il en persistera un étroit conduit (canal central), revêtu par des cellules allongées et munies de cils vibratiles, cellules *épendymaires* (*épendyo*, je revêts).

Le tube encéphalo-rachidien se renfle en vésicules du côté céphalique. — Au crâne, le tube encéphalo-médullaire subit des modifications remarquables dans la forme de ses parois et dans la configuration du canal central. Sur certains points (fig. 157) les parois se dilatent et se renflent en ampoules ou vésicules; sur d'autres elles s'étranglent et le canal central fait de même. Après la moelle épinière, nous trouvons une première dilatation, la *vésicule du bulbe* (1); après celle-ci, existe un *second renflement* (2), dont la partie ventrale deviendra la *protubérance annulaire*, et la partie dorsale sera le *cervelet*. Le troisième renflement (3) produira, sur ses parois ventrale et latérales, les *pédoncules cérébraux*, et, sur sa paroi dorsale, d'abord deux saillies (*tubercules bijumeaux* ou *lobes optiques*), qui se subdivisent elles-mêmes, d'où la formation de quatre tubercules, appelés *tubercules quadrijumeaux*. Le 4e renflement (4) deviendra, du côté ventral, les *couches optiques*, et du côté dorsal la *glande pinéale*. Enfin, en avant de ce

4e renflement se produiront deux saillies (5) en forme de champignons, qui donneront naissance aux *hémisphères cérébraux* et aux *corps striés*.

Ventricules de l'encéphale. — Si l'on ouvre par une section longitudinale ces diverses parties, on voit (fig. 157, B) que le canal central de la moelle se prolonge dans les vésicules de l'encéphale; au niveau du bulbe et du cervelet, il formera en s'étalant (1 et 2) le 4e ventricule; en passant au-dessous des tubercules quadrijumeaux, il constituera l'aqueduc de Sylvius (3); entre les couches

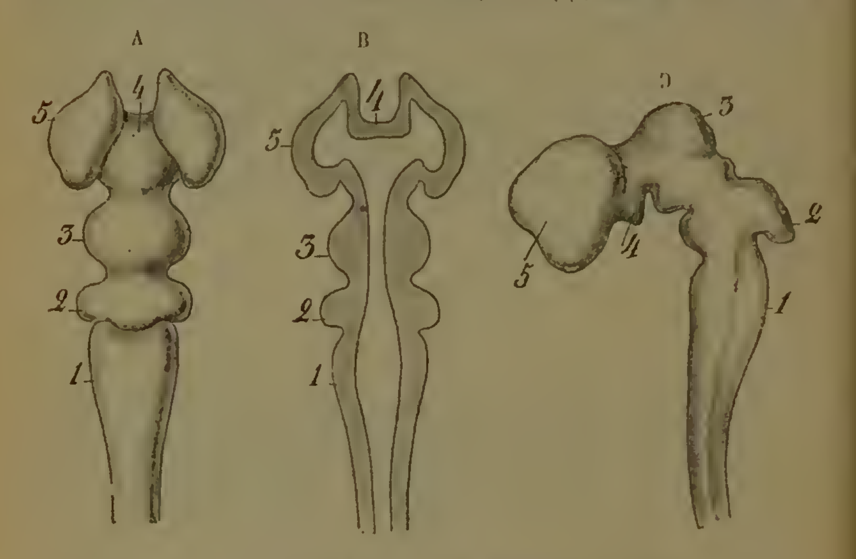


Fig. 157. — Formation des vésicules de l'encéphale chez l'embryon humain.

A, stade jeune; B, le même ouvert pour montrer les cavités; C, stade plus âgé où les parties antérieures se sont fléchies sur les postérieures; 1, vésicule du bulbe; 2, vésicule de la protubérance et du cervelet; 3, vésicule des tubercules quadrijumeaux; 4, vésicule des couches optiques; 5, vésicules des hémisphères cérébraux et des corps striés (d'après M. Duval).

optiques, il deviendra le 3e ventricule (4); et enfin, en se prolongeant dans les hémisphères cérébraux, il se dilatera en deux ventricules, les *ventricules latéraux* (5).

Les anatomistes, ayant compté les ventricules d'avant en arrière, ont donné à ceux des hémisphères le nom de ventricules *latéraux*, l'un à droite et l'autre à gauche; celui qui leur fait suite et qui est situé entre les couches optiques a été appelé le 3e ventricule, que l'aqueduc de Sylvius relie au 4e ventricule.

En même temps que ces changements se produisent, on voit, chez les mammifères, les vésicules de l'encéphale s'incurver du

côté ventral les unes sur les autres, comme le montre la fig. 157, C, sur une vue latérale; la vésicule des tubercules quadrijumeaux arrive ainsi à occuper une position plus élevée que celles qui la précèdent ou la suivent.

Ces changements de forme de la portion céphalique du névraxe s'observent chez tous les vertébrés, depuis les poissons jusqu'à l'homme. Ce qui caractérise les vertébrés supérieurs, c'est que cet état primitif est de courte durée.

Encéphale des Poissons. — Chez les poissons au contraire et chez les batraciens, les choses en restent à peu près là en ce qui concerne la forme des vésicules de l'encéphale. La figure 158 montre de dos l'aspect d'un encéphale de poisson, d'un merlan : le cervelet (2) est une vésicule recouvrant le bulbe; la vésicule des tubercules quadrijumeaux s'est divisée le long de la ligne médiane en deux vésicules ou lobes secondaires (3); on les appelle chez ces animaux *lobes optiques,* parce que les nerfs optiques s'en détachent; en avant des lobes optiques, on voit les vésicules ou lobes cérébraux (5), dont les dimensions ont à peine le quart des lobes optiques. Chez les poissons, en effet, la vue, dont le centre est dans les lobes optiques, constitue la fonction capitale, l'emportant de beaucoup sur les fonctions intellectuelles dont le siége est principalement dans les lobes cérébraux. En avant de ces derniers on aperçoit deux autres tractus blancs renflés en massue : ce sont les centres d'où partent les nerfs olfactifs; de là le nom de *lobes olfactifs* (*ol*) qu'ils ont reçu.

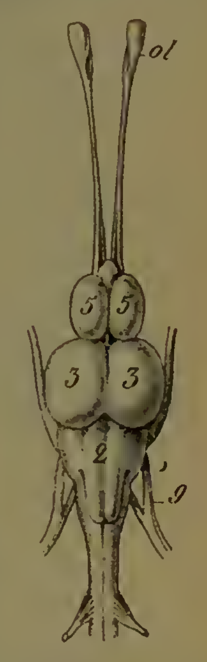


Fig. 158. — Encéphale de poisson (merlan).

2, cervelet : 3, 3, lobes optiques ; 5, 5, lobes cérébraux ; *ol*, lobes olfactifs ; 9, nerfs pneumo-gastriques.

Encéphale des Batraciens. — Chez les batraciens, l'encéphale conserve à peu près la même configuration : ici le cervelet (*d*) est rudimentaire (fig. 159) et le bulbe est visible sur la face dorsale. Les lobes optiques (*c*) sont deux saillies arrondies, au-devant desquelles on voit la glande pinéale. Enfin les hémisphères cérébraux ont toujours la forme de deux vésicules (*b*), mais leur développement l'emporte considérablement sur celui des lobes optiques.

Encéphale des Reptiles. — Chez les reptiles, la disposition est la même (fig. 160). Le bulbe (*e*) est plus gros que la moelle (*f*);

le cervelet (*d*) est plus prononcé que chez la grenouille; les lobes optiques (*c*) sont au nombre de deux, mais les saillies qu'ils for-

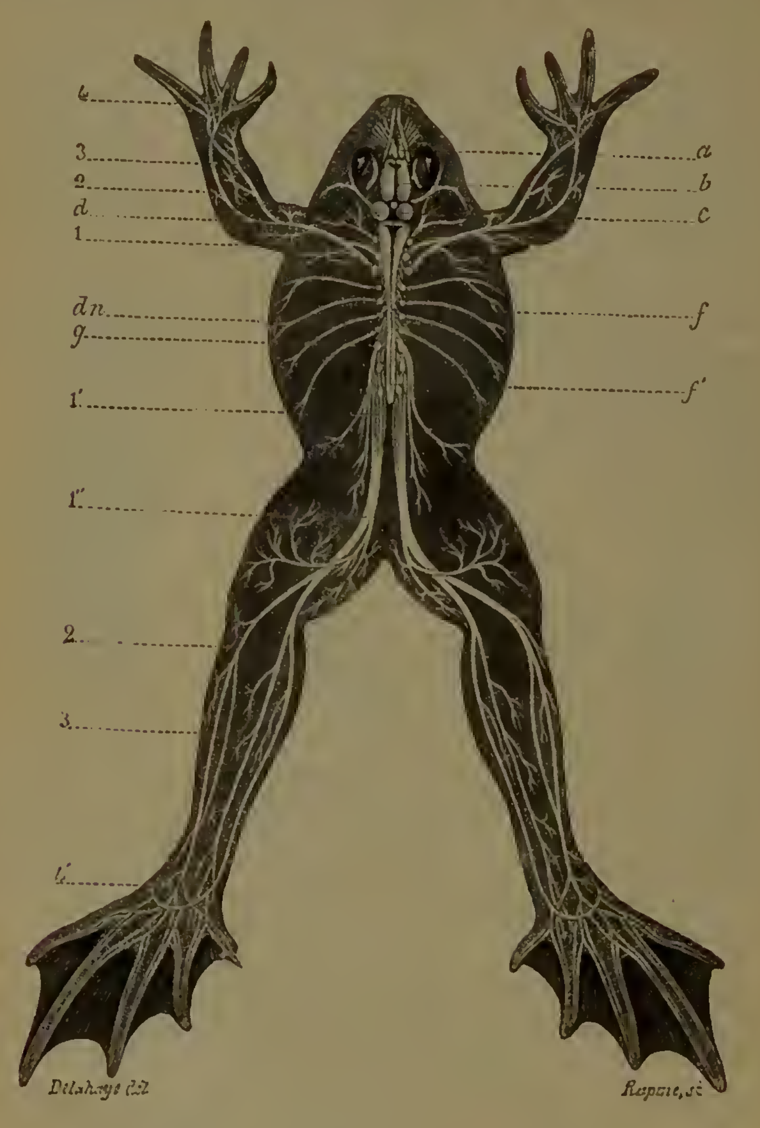


Fig. 159. — Système nerveux de la grenouille, ouverte par le dos.

a, lobes olfactifs; *b*, hémisphères cérébraux; *c*, lobes optiques séparés des hémisphères par la glande pinéale; *d*, cervelet; *ff′*, moelle épinière; *g*, ganglions rachidiens; 1 à 4, nerfs des membres thoraciques; 1′, nerfs lombaires; 1″, nerf sciatique; 2′, 3′, 4′, branches du sciatique se distribuant dans les membres abdominaux.

ment ont à peine le quart des dimensions des lobes cérébraux (*b*) qui commencent à mériter le nom d'*hémisphères*. Enfin, tout en avant, les lobes olfactifs (*a*) ont encore un développement notable.

Encéphale des Oiseaux. — Si des reptiles nous passons aux oiseaux, nous observons des changements frappants : le bulbe (*e*) est recouvert (fig. 161, 162 et 163) en partie par le cervelet. Celui-ci présente déjà des sillons transversaux et deux petits lobes latéraux appendus à un gros lobe médian. Les lobes optiques (*c*) sont refoulés sur les côtés par le développement énorme du cervelet en avant. Les hémisphères cérébraux (*b*) l'emportent, par leur masse, sur le reste de l'encéphale. Mais ils ne parviennent pas encore à recouvrir la glande pinéale (*gp*),



Fig. 160. — Encéphale d'une tortue de mer (Chélonée).

a, lobe olfactif; *b*, hémisphère cérébral; *c*, lobe optique; *d*, cervelet; *e*, 4e ventricule; *f*, moelle épinière; *o*, nerf optique.

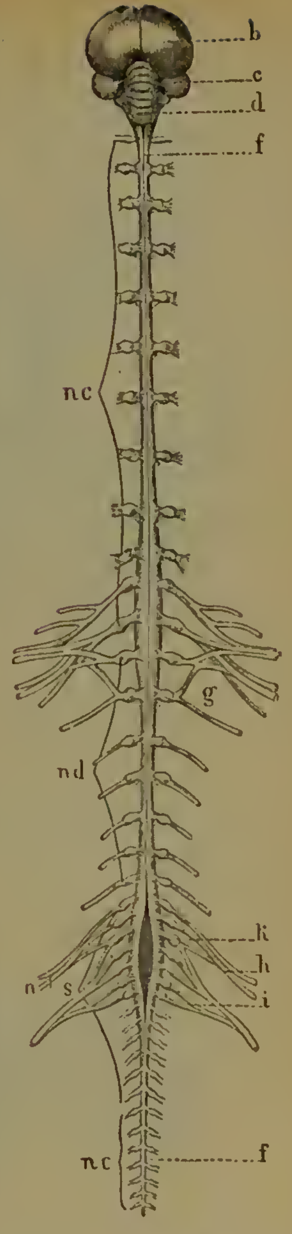


Fig. 161. — Système nerveux du pigeon, vu de dos.

b, hémisphère cérébral; *c*, lobe optique; *d*, cervelet; *f*, moelle épinière; *nc*, nerfs cervicaux; *nd*, nerfs thoraciques; *nls*, nerfs lombaires et sacrés; *nc*, nerfs coccygiens; *g*, plexus brachial; *h*, plexus lombaire; *i*, plexus sacré; *f*, fil terminal; *k*, formation spéciale en forme de ventricule dans la région lombaire.

qui est visible entre eux et le cervelet. Les lobes olfactifs (*a*) sont au contraire très réduits.

Il est facile de voir que dans tous les animaux que nous venons

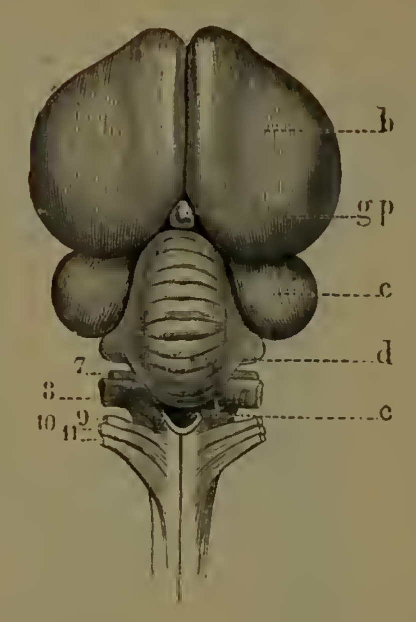


Fig. 162. — Cerveau du dindon, vu du côté dorsal.

b, hémisphère cérébral ; *gp*, glande pinéale ; *c*, lobe optique ; *d*, cervelet ; *e*, 4e ventricule ; 7, nerf facial ; 8, nerf auditif ; 9, nerf glosso-pharyngien ; 10, nerf pneumo-gastrique ; 11, nerf spinal.

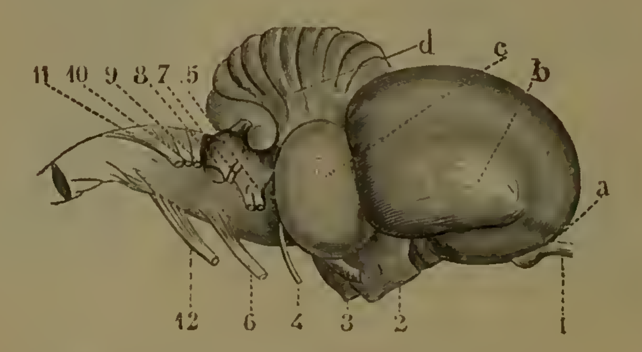


Fig. 163. — Cerveau du dindon, vu de profil (côté droit).

a lobe olfactif ; *b*, hémisphère cérébral ; *c*, lobe optique, *d*, cervelet ; 1, nerf olfactif, 2, nerf optique ; 3, nerf oculo-moteur commun ; 4, nerf pathétique ; 5, nerf trijumeau ; 6, nerf oculo-moteur externe ; 7, nerf facial ; 8, nerf auditif ; 9, nerf glosso-pharyngien ; 10, nerf pneumo-gastrique ; 11, nerf spinal ; 12, nerf hypoglosse.

d'examiner les hémisphères cérébraux sont simplement accolés sur la ligne médiane; il n'y a pas d'union ou de commissure entre eux.

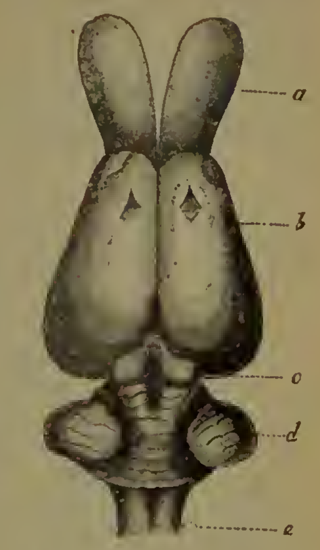


Fig. 164. — Encéphale d'un Marsupial carnivore (sarcophile oursin).

a, lobes olfactifs; *b*, hémisphères cérébraux; *c*, tubercules quadrijumeaux; *d*, cervelet; *e*, bulbe.

Encéphale des Mammifères. — Chez les mammifères inférieurs du groupe des Marsupiaux, il en est encore de même à cet égard : la figure 164 représente un encéphale de l'un de ces animaux; les hémisphères cérébraux (*b*), bien que volumineux, sont à peine reliés entre eux; les lobes olfactifs (*a*) sont relativement de dimensions énormes, comparés aux autres parties de l'encéphale. Les lobes optiques commencent à rappeler les tubercules quadrijumeaux des mammifères. Enfin le cervelet présente des lobes latéraux beaucoup plus saillants que le lobe médian.

Chez un de nos animaux domestiques, le lapin (fig. 165), nous trouvons encore des lobes olfactifs assez gros, mais les hémisphères cérébraux (*b*) ont une extrémité postérieure de plus en plus renflée et recouvrant presque complètement les *lobes optiques* dont chacun s'est divisé en deux saillies; d'où le nom de *tubercules quadrijumeaux*, puisqu'ils sont au nombre de quatre (*c*). Le cervelet (*d*) est plissé en lames transversales et ses lobes latéraux sont bien marqués.

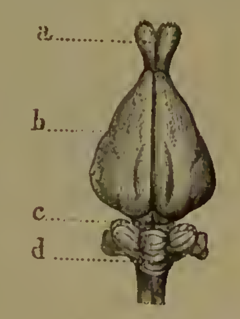


Fig. 165. — Encéphale du lapin.

a, lobe olfactif; *b*, hémisphères cérébraux; *c*, tubercules quadrijumeaux; *d*, cervelet.

La figure 166 nous rend compte de la façon dont se font les modifications de l'encéphale chez les mammifères supérieurs : le cerveau des Poissons (*p*) forme une petite saillie; celui des Batraciens et des Reptiles (B) arrive au niveau de la glande pinéale (5); le cerveau des Oiseaux (O) surplombe une portion des lobes optiques. Chez les Mammifères, tels que le mouton, le chien et le chat, le cerveau (M) cache complètement

les tubercules quadrijumeaux et la portion antérieure du cervelet (2). Enfin, le cerveau humain (H) recouvre toutes les parties précédentes.

Une modification remarquable apparaît chez les mammifères de nos régions : les deux vésicules cérébrales ou hémisphères cérébraux s'accolent par leur face interne, et il s'établit une série de



Fig. 166. — Figure théorique montrant le développement relatif du cerveau chez les divers vertébrés.

1, 2, 3, même signification que dans la figure 157; 4, cerveau; 5, glande pinéale; P, cerveau des poissons; B, cerveau des batraciens et reptiles; O, cerveau des oiseaux; M, celui des mammifères; H, cerveau de l'homme.

soudures entre eux. La plus importante est constituée par des traînées de fibres blanches qui s'étendent transversalement de l'un à l'autre hémisphère, au-dessus des couches optiques. Elles forment une commissure transversale qui a reçu le nom de *corps calleux* (fig. 153, B).

Développement de l'encéphale humain. — Comme nous l'ont montré les figures 157, A, B, C, l'encéphale de l'homme passe par les mêmes formes que celles que présentent à l'état permanent les vertébrés inférieurs. Ce sont d'abord des vésicules semblables à celles des poissons, puis à celles des batraciens et des reptiles. L'encéphale d'un enfant de quatre à cinq mois avant la naissance est la reproduction de celui d'un oiseau (comparer la figure 162 à la figure 163).

De bonne heure apparaissent chez l'homme des modifications qui vont s'accentuant avec le développement. A mesure que le

cerveau s'étend en arrière sur les autres renflements de l'encéphale, qu'il finit par recouvrir, on voit se produire (fig. 167), à la partie externe et vers le milieu du bord inférieur de chaque hémisphère une dépression ou *fosse profonde*, la *scissure de Sylvius*, du nom latinisé du professeur de médecine hollandais François De le Boë, qui l'a décrite le premier vers le milieu du XVIIe siècle.

Bientôt se montre sur le bord supérieur de chaque hémisphère une autre anfractuosité (R). Elle a été signalée pour la première fois par le médecin français Vicq-d'Azyr en 1786, et elle est appelée la *scissure de Rolando*, du nom du médecin italien qui l'a décrite de nouveau vers 1824. Enfin, sur la partie postérieure, on voit se former une scissure qu'on appelle *perpendiculaire* (fig. 175, P).

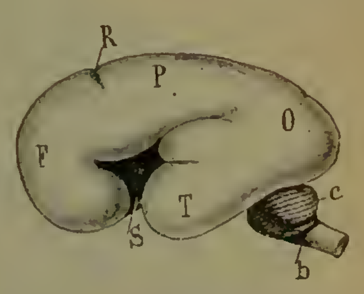


Fig. 167. — Encéphale de l'homme, trois mois avant la naissance.

F, lobe frontal; P, lobe pariétal; O, lobe occipital; T, lobe temporal; R, scissure de Rolando; S, scissure de Sylvius; *c*, cervelet; *b*, bulbe.

Ces trois scissures s'étendent, la scissure de Sylvius en haut et en arrière, celle de Rolando et la perpendiculaire en avant et en bas. De cette façon, elles partagent l'écorce cérébrale en plusieurs départements, qui ont reçu le nom de *lobes*. La partie de l'écorce cérébrale située en avant de la scissure de Rolando et qui est en rapport avec l'os frontal, est dite le *lobe frontal* (F). La partie de l'hémisphère limitée en avant par la scissure de Rolando et en bas par la scissure de Sylvius a reçu le nom de *lobe pariétal* (P), parce qu'elle est en rapport avec l'os pariétal. La portion latérale et inférieure, limitée en haut par la scissure de Sylvius, est dite le lobe *temporal* ou *sphénoïdal* (T), en raison de ses connexions avec les os temporal et sphénoïdal.

Enfin la portion du cerveau située en arrière de la scissure perpendiculaire a reçu le nom de *lobe occipital* (O), parce qu'elle est recouverte par l'os de même nom.

Jusqu'au deuxième mois avant la naissance, l'écorce cérébrale ne présente que ces trois profondes scissures; vers cette époque elle se plisse et elle montre des saillies qu'on a comparées aux replis irréguliers des circonvolutions intestinales : ce sont les *circonvolutions cérébrales*, séparées les unes des autres par des anfractuosités ou sillons peu profonds.

Encéphale de l'homme adulte. — L'étude du développement de l'encéphale et la revue rapide que nous avons faite des formes qu'il présente chez les divers vertébrés nous mettent à même d'aborder l'examen de cet organe chez l'homme adulte. Malgré la complication apparente que présente de prime abord l'encéphale de l'homme, il se réduit aux mêmes parties que chez les autres mammifères, sauf les dimensions et la prédominance que le cerveau acquiert dans l'espèce humaine. L'encéphale humain a en



Fig. 168. — Cerveau de l'homme vu par sa face supérieure.

AA, scissure interhémisphérique. — BB, circonvolutions.

effet un poids moyen de 1360 grammes, et le cerveau à lui seul arrive à peser 1200 grammes.

Hémisphères cérébraux. — Comme le montre la figure 144, le cerveau occupe la plus grande partie de la boîte crânienne. Aussi avons-nous à étudier ses faces, externe et inférieure. La face externe et supérieure (fig. 168) est divisée sur la ligne médiane par une fente profonde en deux masses latérales, les *deux hémisphères*, l'un droit, l'autre gauche, appelés encore le *cerveau droit* et le *cerveau gauche*. Chaque hémisphère a donc trois faces (externe,

inférieure et interne) La fente sépare les deux hémisphères sur toute leur hauteur en avant et en arrière, mais non dans leur partie moyenne; elle porte le nom de *scissure interhémisphérique* (AA).

La surface de chaque hémisphère est parcourue de sillons et d'anfractuosités que séparent des saillies appelées *circonvolutions cérébrales*.

La face interne (fig. 170) de chaque hémisphère est plane, verticale et séparée de celle de l'autre côté par le prolongement de



Fig. 169. — Encéphale de l'homme vu de profil.

F, lobe frontal; P, lobe pariétal; S, scissure de Sylvius; T, lobe temporal; *h*, lobe occipital; *c*, cervelet; *p*, protubérance annulaire; *m*, bulbe.

la dure-mère crânienne, logée dans la scissure interhémisphérique.

Scissures. — La face externe est convexe et laisse distinguer vers sa partie moyenne une dépression plus profonde que les autres et se dirigeant obliquement en haut et en arrière. C'est la *scissure de Sylvius*, qui sépare les lobes frontal et pariétal du lobe temporal.

La *scissure de Rolando*, qui se dirige en avant et en bas, sépare de même le lobe frontal du lobe pariétal.

Enfin la *scissure perpendiculaire* se présente sous la forme d'une encoche profonde, dont le prolongement, idéal chez l'homme, réel

chez les singes, sépare le lobe occipital des lobes pariétal et temporal (fig. 175, P).

En résumé, les scissures précédentes permettent, chez l'adulte comme chez le fœtus, de distinguer à la face externe de chaque hémisphère quatre lobes (frontal, pariétal, occipital et temporal), qui communiquent avec les voisins par la continuité de certaines circonvolutions, mais dont les limites sont nettement marquées par les scissures sus-mentionnées.

Base du cerveau. — La *face inférieure* du cerveau repose sur



Fig. 170. — Coupe verticale de l'encéphale passant sur la ligne médiane.

AA, hémisphère cérébral gauche vu par la face interne ; B, corps calleux (sectionné) ; C, couche optique (gauche) ; D, protubérance annulaire ; X, bulbe rachidien ; E, moelle épinière ; F, coupe du cervelet montrant l'*arbre de vie* ; G, hémisphère gauche du cervelet ; L, circonvolution limbique ; S, aqueduc de Sylvius ; P, glande pinéale.

la base du crâne et le cervelet : en renversant le cerveau de façon que sa face inférieure soit tournée en haut, on voit en avant et sur la ligne médiane l'extrémité antérieure de la fente interhémisphérique séparant les deux lobes frontaux (fig. 171, A). Plus en arrière, et toujours près de la ligne médiane, 1° deux bandelettes en forme de X : c'est le *chiasma des nerfs optiques* (*chiasma*, croisement en forme de χ grec) ; 2° une saillie médiane (2) donnant naissance à une tigelle (fig. 145, *tp*) qui se rend à un petit organe appelé le *corps pituitaire* : celui-ci est ainsi nommé parce que les

Anciens lui attribuaient l'origine de la pituite ou morve; 3° deux petits mamelons nerveux, les *tubercules mamillaires* (6); 4° des parties que nous connaissons déjà, à savoir : les pédoncules cérébraux (3), la protubérance annulaire (4), le bulbe et le cervelet (D).

Sur les parties latérales de la face inférieure de l'hémisphère,

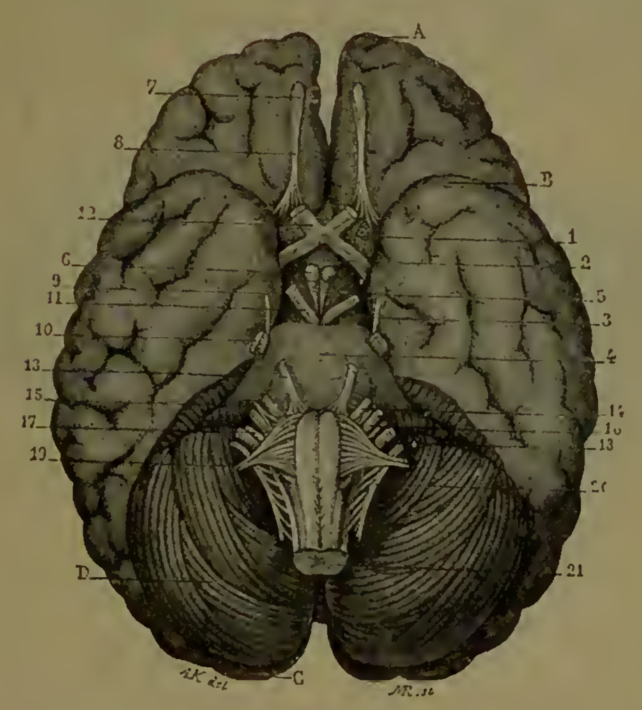


Fig. 171. — Base du cerveau.

A, lobe frontal ; B, lobe temporal ; C, lobe occipital ; D, cervelet ; 1, espace latéral perforé de trous vasculaires ; 2, tubercule cendré avec la tige du corps pituitaire ; 3, pédoncule cérébral ; 4, protubérance annulaire ; 5, espace perforé moyen (entre les deux pédoncules) ; 6, tubercules mamillaires ; 7, bulbe olfactif avec sa bandelette rétrécie (8) ; 9, nerf pathétique ; 10, nerf trijumeau ; 11, nerf oculo-moteur commun ; 12, chiasma des nerfs optiques ; 13, nerf oculo-moteur externe ; 14, nerf facial ; 15, nerf intermédiaire de Wrisberg ; 16, nerf auditif ; 17, nerf glosso-pharyngien ; 18, nerf pneumo-gastrique ; 19, nerf hypoglosse ; 20, nerf spinal ; 21, section de la moelle épinière.

nous apercevons, sous le lobe frontal, deux traînées blanches de chaque côté de la scissure interhémisphérique : ce sont les *bandelettes olfactives* (8), renflées en avant sous la forme de bulbes (7) (*bulbes olfactifs*).

Le lobe frontal (A) est séparé du lobe temporal par la scissure

de Sylvius, qui se prolonge en formant une sorte de fosse. En avant de la fosse de Sylvius se trouve un espace quadrilatère (1), d'où semblent partir les racines de la bandelette olfactive.

Plus en arrière, et toujours latéralement, le lobe temporal se continue directement avec le lobe occipital (C), dont la face inférieure est recouverte et cachée par le cervelet (D).

Tels sont les départements ou lobes de l'écorce cérébrale, dont les noms sont empruntés aux os du crâne qui les recouvrent. Jusqu'au XIX[e] siècle, on se contenta de comparer les saillies de la surface du cerveau aux plis irréguliers que décrit la masse intestinale.



Fig. 172. — Cerveau de l'orang-outang (hémisphère droit vu de profil).

F, lobe frontal ; P, lobe pariétal ; O, lobe occipital ; T, lobe temporal ; *ol*, bulbe olfactif ; C, cervelet.

Vicq d'Azyr cependant, vers 1786, puis Rolando vers 1820, avaient déjà entrevu que certaines circonvolutions étaient constantes. Les médecins français Leuret et Gratiolet, enfin, vers 1850, en étudiant le cerveau du singe et d'autres mammifères et en le comparant à celui de l'homme, reconnurent que les circonvolutions présentent un type variable dans chaque famille d'animaux. Le cerveau du singe, en particulier, comme le montre la figure 172, offre les mêmes circonvolutions que celui de l'homme, mais simplifiées : *le cerveau du singe est un petit cerveau d'homme* ou *plutôt un très grand cerveau d'enfant*.

A partir de cette époque, on a déterminé le trajet, la forme et les rapports des circonvolutions : on a fait la *topographie cérébrale*, dont la connaissance est absolument nécessaire lorsqu'on se propose d'interpréter les troubles qu'occasionnent leurs maladies.

Lobe frontal. — Sur la face externe du lobe frontal (fig. 173), on constate l'existence de quatre circonvolutions : l'une (*Fra*) qui borde en avant la scissure de Rolando et monte obliquement en haut et en arrière : c'est la *frontale ascendante* ; trois autres, qui partent du bord antérieur de celle-ci et se dirigent horizontalement en avant : ce sont de haut en bas, c'est-à-dire du bord supé-

rieur de l'hémisphère au bord inférieur, la *première* (Fr^1), la *seconde* (Fr^2) et la *troisième frontale* (Fr^3).

Ces trois circonvolutions se voient aussi sur la face inférieure du lobe frontal, et la première est en outre visible sur la face interne de l'hémisphère (fig. 170 et 171).

Lobe pariétal. — Nous connaissons les limites de ce lobe : en avant la scissure de Rolando (*R*), en bas la scissure de Sylvius (*S*) et en arrière la scissure perpendiculaire (*P*). Il montre trois circon-



Fig. 173. — Encéphale (moitié gauche) et circonvolutions cérébrales de sa face externe.

B, protubérance annulaire; *S*, scissure de Sylvius; *R*, scissure de Rolando; *P*, scissure perpendiculaire; *C*, cervelet; Fr^1, F^2, F^3, circonvolutions frontales; *Fra*, frontale ascendante; *Pas*, pariétale ascendante; *Ps* et *Pi*, pariétales supérieure et inférieure; T^1, T^2, T^3, circonvolutions temporales; O^1, O^2, O^3, *C*, occipitales; *sp*, sillon interpariétal.

volutions : l'une, bordant en arrière la scissure de Rolando et parallèle à la frontale ascendante, c'est la *pariétale ascendante* (*Pas*).

Du bord postérieur de la pariétale ascendante partent deux circonvolutions qui se dirigent en arrière et qui sont séparées par un sillon, le *sillon interpariétal* (*sp*) : ce sont la *première* (*Ps*) et la *deuxième circonvolution* (*Pi*) *pariétale*, que l'on compte de haut en bas. La première pariétale est visible sur la face interne de

l'hémisphère. Sur cette face, entre la première pariétale et la première frontale, on voit le *lobule paracentral*, formé principalement par l'extrémité supérieure ou tête de la frontale ascendante et accessoirement par la tête de la pariétale ascendante.

Lobes occipital et temporal. — Au niveau de la scissure perpendiculaire (*P*), les deux circonvolutions pariétales se continuent insensiblement avec les trois circonvolutions que présente la face externe du *lobe occipital* : ce sont, de haut en bas, la 1re (O^1), la 2e (O^2) et la 3e (O^3). Le lobe occipital présente en outre deux circonvolutions sur sa face inférieure et une autre sur sa face interne.

Le *lobe temporal* a trois circonvolutions sur sa face externe, qui sont, depuis la scissure de Sylvius jusqu'à son bord inférieur : la 1re (T^1), la 2e (T^2) et la 3e (T^3) *circonvolution temporale*. Sa face inférieure a deux circonvolutions.

Les circonvolutions temporales se continuent en partie avec les occipitales.

Sur la face interne de chaque hémisphère, chaque lobe est représenté. Mais on y voit en outre une circonvolution spéciale entourant le corps calleux : c'est la *circonvolution* du corps calleux (fig. 170, L), qui, comme l'a montré le chirurgien P. Broca, a la valeur d'un lobe, le *lobe limbique* (*limbus*, bordure).

Telle est la topographie de l'écorce cérébrale.

Conformation intérieure du cerveau. — Abordons maintenant l'étude de la conformation intérieure du cerveau. A cet effet, enlevons, en faisant pénétrer un couteau dans la scissure interhémisphérique, toute la substance cérébrale qui est située de chaque côté au-dessus du corps calleux. Ceci fait, nous avons sous les yeux une surface blanche centrale bordée partout par une lame grise; celle-ci placée à la surface des circonvolutions et des sillons qui les séparent.

Chose remarquable, les deux substances blanche et grise occupent une position inverse de celle qu'elles ont dans la moelle.

La surface blanche, ainsi obtenue, est appelée *centre ovale de Vieussens*, le médecin français qui, en 1684, a le premier insisté sur sa configuration. A travers ce centre, les fibres transversales du corps calleux rayonnent dans tous les sens, pour aller se terminer dans la substance grise de l'écorce cérébrale. Le corps calleux joue donc le rôle d'une vaste commissure reliant les deux hémisphères.

Si maintenant nous enlevons le corps calleux, nous voyons que sa face inférieure forme de chaque côté la paroi supérieure d'une cavité, dite *ventricule latéral* (fig. 174, V et *v'*), formée par l'épa-

nouissement du canal central de la moelle à l'intérieur de chaque hémisphère cérébral.

Ces deux ventricules latéraux sont séparés l'un de l'autre, en avant, par une cloison médiane, la *cloison transparente* (*Clt*).

Après avoir enlevé des plexus choroïdes semblables à ceux que

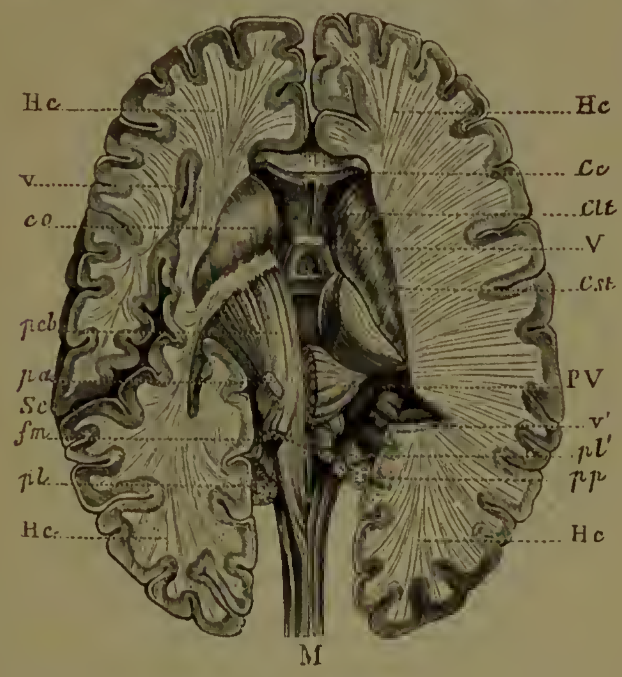


Fig. 174. — Coupe horizontale du cerveau, dont la partie supérieure ainsi que le cervelet ont été enlevés.

Hc. Hc. hémisphères cérébraux avec la substance blanche rayonnante au centre et la substance grise à la périphérie; *Cc*. reste du corps calleux (qui a été enlevé); *v*, portion antérieure du ventricule latéral (ouvert à gauche); *v'*, portion postérieure du ventricule latéral (ouvert à droite); *co*, couche optique (gauche); *Cst*, corps strié droit; *pcb*. pédoncule cérébral; *pa*, *pl*, *pl'*, *pp*, pédoncules cérébelleux; *Sc*, scissure de Sylvius; M, moelle et ses prolongements (*fm*); *Clt*, cloison verticale dite transparente; V, voûte dite à trois piliers partant du corps calleux et se dirigeant en bas et en dehors.

nous avons trouvés dans le 4e ventricule, on voit bien la paroi inférieure des ventricules latéraux et leurs prolongements, dont l'un (V) va dans le lobe frontal, l'autre dans le lobe occipital (*v'*), et enfin un troisième dans le lobe temporal.

Cette paroi inférieure de chaque ventricule est formée par deux saillies : l'une, postérieure et interne (*Co*), est la *couche optique*; l'autre, antérieure et externe, est le *corps strié* (*Cst*).

Du côté de la ligne médiane, les deux corps striés sont séparés par la cloison transparente, tandis que les couches optiques présentent dans leur intervalle un espace qui relie l'aqueduc de Sylvius aux ventricules latéraux : c'est le *troisième ventricule* ou *ventricule moyen* (fig. 175), entre les deux couches optiques (*co*).

En arrière du troisième ventricule, on aperçoit (fig. 154, 12) un petit corps dont la forme rappelle celle d'une pomme de pin : d'où le nom de *glande pinéale*. Cet organe est relié aux parties voisines par une série de tractus blancs ou pédoncules dont les supérieurs ont reçu le nom de *rênes* (voir aussi fig. 170, *p*).

Enfin nous apercevons, en arrière de la glande pinéale, quatre *saillies mamelonnées* que nous avons signalées (fig. 154, 10 et 11) : ce sont les *tubercules quadrijumeaux*. Les deux supérieurs sont plus volumineux que les deux inférieurs.

Connexion des diverses parties de l'encéphale. — Le problème qui se pose maintenant et dont la réponse nous donnera la clef de la constitution de l'encéphale est le suivant : De quelle façon les fibres blanches qui partent de tous côtés de l'écorce cérébrale se mettent-elles en rapport avec les parties sous-jacentes (bulbe et moelle)? Quelles sont leurs relations avec les masses grises occupant la base du cerveau (couches optiques et corps striés)?

Les fibres blanches prennent naissance dans toute l'écorce cérébrale (fig. 175) et se dirigent en formant un gros faisceau vers la couche optique (*co*) et le corps strié (*c* et *l*) de chaque hémisphère. Ce faisceau s'engage entre ces deux organes et constitue une traînée blanche qui les sépare; elle est connue sous le nom de *capsule interne* (*ci*). A la partie inférieure du cerveau, la capsule interne se continue directement avec le pédoncule cérébral (*pd* et *pg*).

Tel est le trajet général des fibres blanches rayonnant de l'écorce cérébrale et se ramassant en un faisceau qui n'est que l'expansion du pédoncule cérébral. Mais, en arrivant près du corps strié, une partie des fibres blanches traverse cet amas externe de substance grise, en y formant des stries blanches qui lui ont fait donner le nom de *corps strié*.

Il en résulte que le corps strié est divisé en deux îlots secondaires : l'un reste en bas et en dehors et a plus ou moins la forme d'une lentille : d'où son nom de *noyau lenticulaire* (fig. 175, *l*); l'autre se trouve situé en avant et en haut de la capsule interne : il est appelé le *noyau caudé* (*c*), en raison de sa forme de poire, de virgule ou de larme à queue dirigée en arrière.

Les rapports de la capsule interne avec la couche optique, les noyaux lenticulaire et strié permettent d'y distinguer plusieurs

segments : la portion blanche de la capsule interne qui se trouve entre le noyau caudé et le noyau lenticulaire est le segment

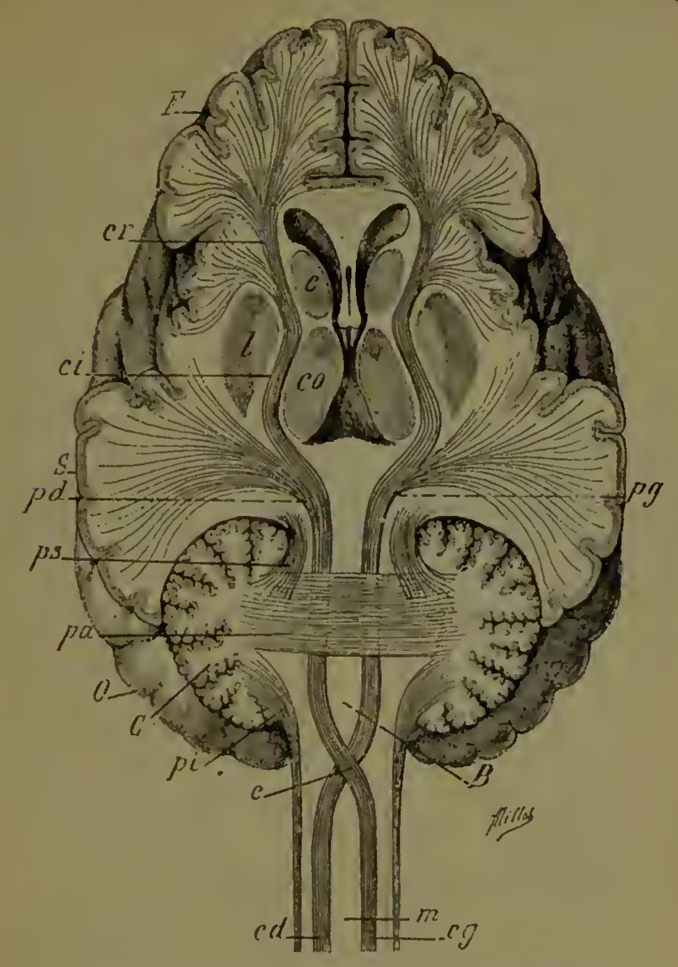


Fig. 175. — Section horizontale passant par la base de l'encéphale.

F, lobe frontal ; *S*, lobe temporal ; *O*, lobe occipital ; *C*, cervelet ; *m*, moelle ; *B*, bulbe ; *pa*, protubérance annulaire ; *cr*, couronne rayonnante partant de l'écorce cérébrale et s'engageant entre le noyau caudé *c* et le noyau lenticulaire (*l*), puis entre ce dernier et la couche optique (*co*) et formant plus loin le pédoncule cérébral. Les pédoncules cérébraux droit (*pd*) et gauche (*pg*) pénètrent dans la protubérance annulaire (*pa*), puis dans le bulbe, où ils s'entre-croisent en *e*, et constituent plus loin les faisceaux pyramidaux croisés de la moelle (*cd*, *cg*). — (Les *directs* ont été omis pour la clarté.)

antérieur ou *portion lenticulo-caudée* de la capsule interne. Arrivées dans la partie moyenne de la capsule, ces fibres se recourbent en



Fig. 176. — Coupe d'une circonvolution cérébrale, vue à un fort grossissement.

1, couche externe, claire, à petites cellules et à fibres à myéline; 2, couche de petites cellules pyramidales; 3, bande claire, fibrillaire; 4, couche des grandes cellules pyramidales; 5, couche de petites cellules irrégulières, suivies profondément par des cellules fusiformes; 6, fibres de la substance blanche allant rayonner par traînées vers les couches 5, 4, 3, 2 et 1.

dedans et forment le *genou* de la capsule interne. Enfin, en pénétrant entre la couche optique et le noyau lenticulaire, la capsule interne constitue un segment postérieur ou *portion lenticulo-optique* de la capsule interne.

En bas, celle-ci se continue avec le pédoncule cérébral; en haut, les fibres qui la constituent restent ramassées en un faisceau étroit jusqu'à la limite externe du corps strié. Là elles divergent et rayonnent en un vaste éventail dont le pied se trouve être près du corps strié et dont la base s'étale pour se terminer dans la substance grise des circonvolutions cérébrales. On donne à cet éventail le nom de *soleil de Vieussens*, du nom du médecin de Montpellier qui l'a décrit le premier, vers la fin du XVIIe siècle. On l'appelle encore la *couronne rayonnante de Reil*, parce que le professeur de médecine Reil l'a bien étudiée au début du XIXe siècle.

Structure du cerveau. — Comme la moelle, le cerveau est entouré des trois membranes : en dehors se trouve la *dure-mère*, qui est intimement unie aux os du crâne; puis vient l'*arachnoïde*, limitant une cavité tapissée de cellules endothé-

liales. Le feuillet viscéral passe directement d'une circonvolution sur l'autre et ménage ainsi dans les sillons et les anfractuosités des espaces renfermant le liquide céphalo-rachidien qui communique avec celui de la moelle. Enfin, directement appliquée sur l'écorce cérébrale, et pénétrant dans les sillons et les anfractuosités, se trouve la *pie-mère* crânienne, membrane éminemment vasculaire et fournissant à la substance cérébrale un réseau capillaire d'une richesse extrême.

La substance cérébrale est composée, outre la névroglie et les vaisseaux sanguins, de deux sortes d'éléments, les cellules nerveuses et les fibres nerveuses. Les cellules nerveuses occupent la substance grise, où elles forment plusieurs couches alternant avec des traînées de fibres nerveuses (fig. 176). Les plus caractéristiques affectent une forme spéciale, qui permet de les reconnaître aisément : ce sont des cellules en forme de pyramides, ou *pyramidales*, dont le grand axe est perpendiculaire à la surface des circonvolutions. Il y en a qui atteignent jusqu'à 0mm,15 et 0mm,200 : leur base est tournée vers le centre du cerveau et leur sommet vers la surface de celui-ci. Leur protoplasma donne naissance, comme celui des autres cellules nerveuses, à deux sortes de prolongements : l'un, unique, part de la base et se dirige vers la substance blanche du cerveau, où il forme le cylindre-axe d'une fibre nerveuse ; les autres sont nombreux et se ramifient dans l'écorce cérébrale, où ils se divisent et se subdivisent pour se terminer par une quantité infinie d'extrémités libres.

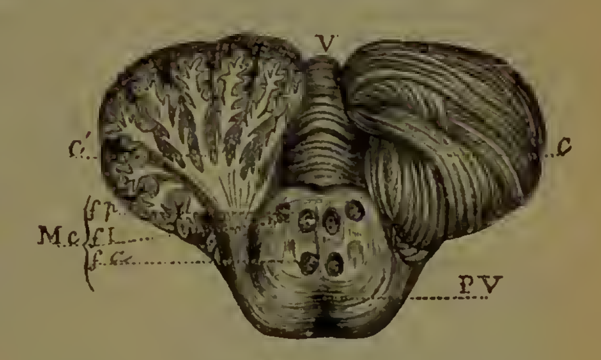


Fig. 177. — Cervelet et protubérance annulaire.

C, hémisphère droit du cervelet (intact) ; C'. hémisphère gauche (sectionné pour montrer l'*arbre de vie*) ; V, vermis supérieur ; PV, protubérance annulaire ; Mc, bulbe (sectionné pour montrer les faisceaux de fibres nerveuses qui le traversent (*fp, fl, fa*).

Ces cellules pyramidales sont disposées en couches nombreuses : la couche superficielle (2) est formée de petites cellules pyramidales, comprenant plusieurs rangées ; la couche moyenne (4) est composée de nombreuses assises, dont la plus profonde montre

les grandes cellules pyramidales; enfin vient une couche de cellules arrondies (5), fusiformes ou étoilées. Outre ces cellules, l'écorce grise renferme des traînées de fibres nerveuses à myéline, les unes se dirigeant parallèlement à la surface et séparant ces couches de cellules (fig. 176, dans les couches 1 et 5), les autres disposées en faisceaux (fig. 176, dans les couches 4, 5 et 6) qui rayonnent vers la substance blanche. Celle-ci, constituant le *centre ovale de Vieussens*, comprend des fibres nerveuses à myéline, qui sont semblables à celles de la moelle et relient entre elles les circonvolutions d'un même lobe ou bien les lobes entre eux, ou l'hémisphère gauche à l'hémisphère droit. D'autres encore vont se continuer avec le corps strié et la couche optique, ou bien gagnent le pédoncule cérébral en passant par la capsule interne.

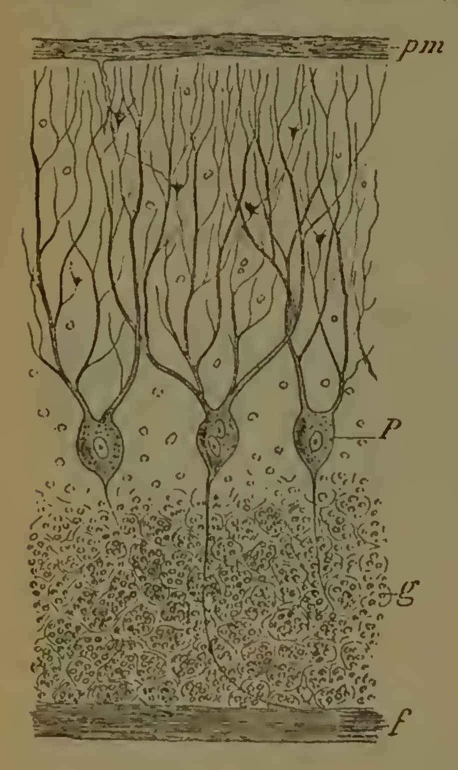


Fig. 178. — Coupe de l'écorce du cervelet (très grossie).

pm, pie-mère ; P, cellules de Purkinje ramifiées en bois de cerf vers le dehors et envoyant un prolongement cylindre-axile vers la partie centrale (*f*) ; *g*, couche de petites cellules ou grains ; *f*, fibres de la substance blanche.

Cervelet. — Il nous reste à voir la conformation et la structure du cervelet, dont nous connaissons la position et les rapports avec les autres parties du système nerveux central. Le cervelet a chez l'homme un poids de 140 grammes environ et est formé de trois parties : deux latérales, *lobes latéraux* (fig. 177, *C* et *C'*) ou *hémisphères cérébelleux*, et une médiane en forme de ver renflé, c'est le *vermis* (*vermis*, ver), V. La surface du cervelet est divisée en une série de lames et de lamelles, séparées les unes des autres par des sillons. En pratiquant une section verticale sur l'un des lobes, comme dans l'hémisphère gauche des fig. 170, 175 et 177.

on voit que le cervelet est formé de substance grise à la périphérie et de substance blanche au centre. Cette dernière va se ramifier dans l'axe de chaque lame et lamelle de substance grise : il en résulte un aspect rappelant celui des feuilles de thuya ou arbre de vie : aussi cette disposition arborescente a-t-elle reçu le nom d'*arbre de vie*.

La substance grise du cervelet est caractérisée par des cellules globuleuses ou fusiformes, découvertes par le professeur de médecine tchèque Purkinje vers 1840; ce sont les *cellules de Purkinje* (fig. 178). Leur extrémité tournée vers la surface émet deux ou plusieurs prolongements qui vont se ramifier en bois de cerf dans la couche superficielle et y former un plexus des plus fins, au milieu duquel se trouvent des cellules plus petites. Leur extrémité profonde donne naissance à un prolongement cylindre-axile ou de Deiters, qui, en s'entourant de myéline, forme une fibre nerveuse.

En résumé, la structure du cervelet rappelle celle du cerveau : les circonvolutions y sont réduites à des lamelles formées de substance grise à la périphérie et de substance blanche au centre ; les cellules de Purkinje semblent y remplacer les grandes cellules pyramidales.

FONCTIONS DU CERVEAU

A. — Fonctions de la substance grise

Les médecins de l'antiquité considéraient, avec Hippocrate, l'encéphale comme le siége de l'âme. Galien plaçait celle-ci dans la glande pinéale. Vers le milieu du XIVe siècle, le plus illustre des chirurgiens du moyen âge, le Français Guy de Chauliac (1363), constata qu'à la suite d'une perte assez faible de substance cérébrale il y avait eu « offence » de la mémoire. Il affirme qu'on perd la raison si la plaie est aux parties antérieures, et la mémoire si la plaie porte sur les parties postérieures de la tête.

Esprits animaux. — Les philosophes de la Renaissance admettaient dans le corps l'existence d'êtres ou fluides particuliers présidant aux phénomènes de la vie : c'étaient les *esprits animaux*. Descartes, qui au XVIIe siècle cultiva beaucoup l'anatomie, fut frappé de la situation de la glande pinéale, à cheval, pour ainsi dire, sur le centre de l'encéphale, vers les parties duquel elle envoie ses pédoncules. Il arriva à considérer la glande pinéale « comme la source d'où les parties du sang les plus subtiles, les

esprits, coulaient de tous côtés dans le cerveau et se dirigeaient vers un point quelconque, suivant que la glande s'inclinait dans un sens ou dans l'autre ».

Phrénologie. — A la fin du XVIII[e] siècle, le médecin Gall fit des recherches approfondies sur le système nerveux; il étudia le cerveau sur toutes les faces et essaya le premier de suivre le trajet des fibres d'un point à un autre. Le premier il mit en évidence ce principe, que *le cerveau est le siège des facultés intellectuelles.* Chacune de celles-ci devait même avoir un siége spécial et se *localiser* en un point particulier du cerveau. Comme, chez certaines personnes, la mémoire, la poésie, la cruauté, la douceur, etc., sont plus développées que chez d'autres, il pensa que les circonvolutions et les lobes où siègeaient ces facultés devaient l'emporter par leur masse et se manifester par des bosses spéciales à la surface du crâne. Il examina la tête des individus ou des animaux dont il connaissait les instincts, les penchants, les qualités morales, et, les rapportant aux signes extérieurs fournis par le crâne, il fit le dénombrement et la localisation des facultés intellectuelles. Telle est en quelques mots la doctrine de la *phrénologie* (*phrén*, esprit; *logos*, étude), qui a eu un immense retentissement. On en trouve encore des traces. Tout le monde a vu de ces crânes (en plâtre) divisés en territoires portant chacun le nom d'une faculté.

Le point de départ de la doctrine est juste : les facultés intellectuelles sont en rapport avec le développpement du cerveau; mais vouloir juger de la valeur du contenu d'après la forme seule du contenant, c'est évidemment erroné.

Expériences de Flourens. — On ne tarda pas à entrer dans la voie des expériences. Flourens, vers 1840, entreprit de voir les phénomènes qu'on observerait sur les animaux vivants, après avoir ouvert le crâne et enlevé diverses parties de l'encéphale. Il opérait sur des grenouilles, des oiseaux et de jeunes mammifères.

Fait curieux, la lésion de l'écorce cérébrale ne donne lieu à aucun cri, à aucun signe de douleur. Sur un cheval, par exemple, dont on a dénudé le cerveau, on peut enlever au couteau des tranches de substance cérébrale pendant qu'il continue à manger tranquillement.

Un pigeon auquel on enlève les hémisphères cérébraux et qui a guéri de l'opération, ressemble de loin aux pigeons ordinaires, tant qu'il est au repos. Mais, si vous en approchez, ceux-ci se sauvent, tandis que le pigeon opéré ne bouge pas. Il respire et reste perché dans un état de somnolence. Si on le pousse ou qu'on l'irrite, il marche, mais s'arrête au moindre obstacle; jeté en l'air,

il vole, mais se bute contre le premier objet qui se trouve devant lui. Il ne songe pas à l'éviter. Au milieu des grains de blé, il ne pense pas à manger et se laisserait mourir de faim dans un grenier d'abondance. Si l'on prend soin de lui mettre la nourriture dans le gosier, il l'avale et peut vivre ainsi pendant des mois. On voit que le pigeon opéré est devenu un automate. Ce qui a disparu avec le cerveau, c'est la volonté et l'intelligence. Nous pouvons donc conclure de ces faits que les hémisphères cérébraux sont le siège des facultés intellectuelles.

Mais celles-ci sont-elles réparties également partout, ou chacune est-elle localisée dans un point particulier? Pendant longtemps on pensait qu'il n'existait aucun groupement spécial de la substance cérébrale; on n'admettait point de localisation. On s'aperçut cependant que les lésions et la destruction de la substance grise de l'écorce amenaient l'imbécillité et l'idiotie.

Découverte de Broca. — La science en était là, quand le chirurgien français P. Broca fit, au mois d'avril 1861, une observation qui fut le point de départ de toutes nos connaissances positives sur les localisations cérébrales. Il put voir un malade, qui avait perdu la faculté de parler sans que les muscles de la langue ou du larynx fussent paralysés. Il ne savait plus dire que le mot *Tan*, mais il comprenait tout ce qu'on lui disait. Ses facultés intellectuelles étaient intactes. A toute question qu'on lui posait, il prononçait en guise de réponse la syllabe *Tan*, mais en accompagnant, dans chaque cas particulier, ce mot de gestes variés, par lesquels il en modifiait l'expression selon ce qu'il voulait dire. A l'autopsie de ce sujet, Broca trouva que le cerveau *gauche* présentait une destruction, un ramollissement dans une région bien limitée correspondant à la *troisième circonvolution frontale*, au niveau de son insertion sur la frontale ascendante (pied). Aussi cette circonvolution mérite-t-elle le nom de *circonvolution de Broca*, nom que lui donnent les Anglais depuis cette mémorable découverte (fig. 179, 4).

L'attention des médecins se porta dès lors sur ce point, et d'autres faits semblables ayant été observés, Broca put dès 1865 établir la première localisation cérébrale. Lorsque le pied de la troisième circonvolution frontale gauche est détruit par une lésion, le malade n'a perdu que la faculté d'exprimer ses idées par la parole. Mais il a toute son intelligence et saisit le sens de chaque mot qu'il entend ou qu'il lit. On donne à cette maladie le nom d'*aphasie* (*a* privatif, *phasis*, parole).

C'est donc le cerveau gauche qui commande les mouvements de la parole articulée, tout comme il préside aux mouvements du

côté droit du corps. L'action des hémisphères étant croisée (voir p. 245), il est facile de comprendre que la plupart des hommes, qui se servent de préférence de la main droite, apprennent aussi dans le jeune âge à commander les mouvements du larynx et de la langue par le cerveau gauche. Les exceptions ne font ici que confirmer la règle ; en effet, on a observé des *gauchers* qui, devenus aphasiques, présentaient après leur mort une lésion du pied de la troisième frontale *droite*.

Comme tous les organes, le pied de la troisième circonvolution frontale se développe par l'exercice : c'est ainsi que chez Gambetta, le grand orateur de l'époque contemporaine, cet organe avait en quelque sorte doublé de volume.

Localisations cérébrales chez l'homme. — Ces observations de Broca furent le point de départ de nombreuses recherches sur les fonctions du cerveau chez l'homme et les animaux les plus rapprochés de lui.

Chez l'homme, l'observation des malades permet seule de voir le rôle de chaque territoire cérébral. En France, M. Charcot et son école établirent, sur des bases solides, la doctrine des localisations cérébrales.

A. *Région motrice*. — Deux ordres de faits, se contrôlant réciproquement, furent observés sur les malades.

Des personnes sujettes pendant la vie à des séries de contractions musculaires survenant par accès dans certains groupes de muscles (attaques *convulsives partielles*) furent trouvées atteintes de lésions de l'écorce cérébrale. Ces lésions consistent en productions morbides, qui avaient irrité la substance grise du cerveau. Elles ont leur siège de prédilection, comme on s'en assure après la mort, dans les circonvolutions voisines de la scissure de Rolando (frontale et pariétale ascendantes, lobule paracentral) (fig. 179, 1, 2, 5).

D'autre part, on observa que la destruction par ramollissement de ces mêmes territoires amène chez d'autres malades la perte des mouvements (*paralysie*), limitée aux muscles des mêmes régions du corps. C'étaient des paralysies circonscrites, et les muscles intéressés étaient toujours situés dans la moitié du corps opposée à l'hémisphère lésé.

En groupant ces observations, on arriva à localiser les centres des mouvements de la face, de la langue, du membre supérieur et du membre inférieur. Les centres de substance grise, dont l'excitation provoque des convulsions dans un groupe musculaire et dont la destruction amène la paralysie des mêmes muscles, furent appelés les centres *moteurs* ou *psycho-moteurs* (*psyché*, âme). Ces centres siègent tous dans les environs de la scissure de

Rolando et forment la *zone motrice* de l'écorce cérébrale. Le centre moteur du membre abdominal s'étend sur la portion supérieure des circonvolutions frontale et pariétale ascendantes et sur le lobule paracentral (fig. 179, et Pl. V, 1). Le centre des mouvements du membre thoracique siège vers la partie moyenne de la circonvolution frontale ascendante (2).

Au-dessous du précédent se trouvent le centre des mouvements



Fig. 179. — Centres de l'écorce cérébrale (hémisphère gauche).

B, bulbe; *C*, cervelet; *F*, lobe frontal; *P*, lobe pariétal; *T*, lobe temporal; *O*, lobe occipital; 1, centre des mouvements du membre abdominal droit; 2, centre des mouvements du membre thoracique droit; 3, centre des mouvements de la face et de la langue; 4, centre des images motrices vocales; 5, centre de la mémoire auditive des mots; 6, centre de la mémoire visuelle des lettres; 7, centre visuel commun.

des muscles de la face (3) et celui de la langue. Ces deux centres confinent en avant au centre du langage articulé (4).

Nous voyons donc que les circonvolutions qui avoisinent la scissure de Rolando sont des centres de motilité.

B. *Région sensitive.* — L'observation clinique de nombreux malades a fourni des données non moins intéressantes sur les fonctions des autres circonvolutions cérébrales.

I. Centre de la mémoire des mouvements du langage parlé ou centre des images motrices vocales. — J'ai montré plus haut (p. 271) que la destruction de la circonvolution de Broca (Pl. V, 4) entraîne la perte de la mémoire des mouvements nécessaires au langage parlé : la parole spontanée, la répétition des mots, le chant, sont abolis. Le malade a conscience des mots qu'il voudrait prononcer; il a conservé leur image motrice, puisqu'il peut indiquer avec les doigts le nombre de syllabes que contiennent les mots qu'il voudrait exprimer. Les muscles de la langue et du larynx ne sont pas paralysés. On donne à cette forme d'aphasie le nom d'*aphémie* (*a* privatif, *phémè*, parole), parce que le malade ne sait plus parler, bien qu'il comprenne le langage parlé, qu'il lise et écrive.

Depuis 1861, date de la mémorable découverte de Broca, on a observé des aphasiques d'un autre genre, présentant des troubles, non pas d'ordre moteur, comme dans le cas précédent, mais *d'ordre sensoriel*[1].

II. Centre de la mémoire du sens des mots entendus par l'oreille, ou centre de la mémoire auditive des mots. — Un malade, à la suite d'une attaque d'apoplexie, se rétablit relativement quant à la paralysie. Il continue de répondre aux questions qu'on lui pose, mais il répond de travers : « Quel âge avez-vous ? — Je me porte bien. » — Il entend néanmoins, puisqu'il se retourne quand on lui parle; il n'est pas sourd, puisqu'il se retourne au bruit d'une épingle qui tombe. Il se rend compte de son état, et s'impatiente de ne pas comprendre. Ses propres pensées sont justes : il répond bien par écrit aux questions qu'on lui fait. Il parle, il lit, il écrit; il lui manque une chose, c'est de comprendre le *langage parlé*. Il a perdu la mémoire du sens attaché aux sons de la parole; il est atteint de ***surdité verbale***, et plus tard, après sa mort, on constate qu'il a un ramollissement d'une portion de la première *circonvolution temporale gauche* (fig. 179, et Pl. V, 5).

Cette circonvolution est donc le siège du *centre auditif des mots* ou *mémoire auditive verbale*, dont la perte occasionne la *surdité verbale*. L'intégrité du centre auditif des mots est nécessaire pour que le langage vocal fonctionne bien. Si ce centre est détruit, le malade ne comprend pas ce qu'on lui dit. Lorsqu'on lui demande : « Quel métier faisiez-vous ? » — Il répond : « Mon père se nommait. » — Cette altération de la parole consistant en ce que le malade prononce un mot pour un autre est appelée *paraphasie* (*para*, à côté; *phasis*, parole).

1. Voyez Mathias Duval, *Bulletins Société d'Anthropologie* (séance du 11 décembre 1887).

III. Centre de la mémoire du sens des mots écrits, lus par les yeux, ou centre de la mémoire visuelle des lettres. — Un malade se rétablit de son attaque d'apoplexie. Il entend et voit comme auparavant ; mais un jour il se met à écrire une lettre et, avant de l'envoyer, il veut la relire. Alors apparaît le trouble : il lui est impossible de relire son écriture, pas plus qu'il ne peut lire un livre ou un journal. Il ne reconnaît plus les caractères écrits, dont le sens lui échappe. Le malade voit les lettres, mais il ne peut plus les nommer. C'est comme s'il avait devant lui une écriture chinoise. Il peut même esquisser du geste la forme des lettres, sans arriver à dire leur nom. Aussi le malade écrit-il correctement et facilement, soit spontanément, soit sous dictée, mais il est incapable de lire et de se relire. Il a donc perdu la connaissance visuelle des signes écrits ou imprimés du langage. Il est atteint de *cécité verbale* (*cæcus*, aveugle), accompagnée de l'intégrité de l'écriture spontanée ou sous dictée. A sa mort, on trouve une lésion siégeant dans *la partie postérieure de la deuxième circonvolution pariétale gauche*, qui, à raison de sa configuration, a reçu le nom de *pli courbe* (6). Celui-ci est donc un centre visuel et en particulier le centre de la mémoire visuelle verbale ou *centre visuel des mots écrits* (fig. 179, et Pl. V, 6).

A côté de la cécité verbale accompagnée de l'intégrité de l'écriture spontanée ou sous dictée, on a constaté une autre variété de cécité verbale. Celle-ci s'observe dans les conditions suivantes : Un malade se rétablit de son attaque d'apoplexie, mais, outre les troubles de la cécité verbale indiqués plus haut, il est incapable d'écrire. Il n'a aucune paralysie des muscles de la main droite, mais un jour, lorsqu'il veut écrire une lettre, il ne sait plus reproduire les idées par l'écriture.

Il ne sait plus se représenter les images visuelles des lettres et des mots et il ne peut plus écrire ni spontanément, ni sous dictée.

Non seulement il a perdu la mémoire visuelle des lettres et des mots, mais il est encore atteint d'*agraphie* (*a* privatif, *graphé*, écriture) avec cécité verbale. Après sa mort, on ne trouve, comme précédemment, qu'une lésion siégeant dans le *pli courbe gauche*, qui est donc *le centre des images visuelles des lettres et des mots.*

La mémoire du sens des mots, lus par les yeux, est accompagnée, chez l'homme qui a appris à écrire, de celle de transcrire ou de copier les images visuelles des lettres et des mots. L'enfant n'apprend à écrire qu'après avoir appris à parler, puis à lire.

Aussi la perte de la connaissance visuelle des signes écrits ou imprimés du langage peut-elle s'accompagner de l'abolition de l'écriture.

En résumé, il y a diverses mémoires localisées dans autant de centres distincts et *siégeant à gauche, chez les droitiers* : l'une se trouve dans le pied de la troisième circonvolution frontale : c'est *la mémoire du langage parlé*; l'autre a son siège dans la première circonvolution temporale : c'est *la mémoire du sens des mots entendus par l'oreille*. La troisième se trouve localisée dans le pli courbe : c'est *la mémoire du sens des mots écrits, lus par les yeux.*

Donc *le langage en général est localisé en trois centres distincts : un moteur et deux sensoriels. Le moteur est frontal; les sensoriels se distinguent en temporal et pariétal.*

Voici comment nous pouvons concevoir la formation de ces centres dans les circonvolutions cérébrales : L'enfant localise le sens des mots entendus dans les cellules cérébrales de la *première circonvolution temporale gauche*. Des fibres nerveuses relient cette circonvolution au pied de la *troisième frontale gauche* (circonvolution de Broca). L'enfant apprend alors à faire les mouvements nécessaires pour reproduire, par la parole, les mots dont il a saisi le sens. La mémoire de ces mouvements se localise par l'exercice dans la *troisième frontale gauche*. L'enfant comprend le sens des mots et sait les exprimer par la parole.

En troisième lieu, il apprend à comprendre le sens des mots *écrits*, dont il prend connaissance par les yeux, et cette mémoire se localise dans le *pli courbe gauche*.

Enfin, l'enfant apprend à copier, *avec la main*, les images visuelles des lettres et des mots, qui sont localisées dans le *pli courbe* gauche. Je me hâte d'ajouter que, dans l'écriture, les mouvements de la main ne sont pas essentiels ; le point capital consiste dans la copie des images des lettres emmagasinées dans le centre de la mémoire visuelle.

On peut, en effet, écrire sur le sable avec le bout du pied, aussi bien avec le droit qu'avec le gauche. Qu'un individu attache un crayon à son coude, il lui sera possible de tracer des lettres, peut-être grossières, mais à coup sûr lisibles et compréhensibles (Déjerine).

IV. Centre visuel commun. — Mentionnons une autre localisation sensorielle, celle de la *mémoire visuelle commune* (7). Les nerfs de la vision ou optiques se continuent avec le chiasma, puis les bandelettes optiques et enfin se mettent, après un trajet compliqué à travers le cerveau, en relation avec les lobes occipitaux droit et gauche. Lorsque ces derniers sont lésés ou détruits, on observe des troubles visuels ou une perte complète de la vision. Les deux lobes occipitaux nous servent donc à voir les objets. Ils constituent les *centres visuels communs* (7). Hâtons-nous d'ajouter que leur rôle est bien différent de celui du pli courbe gauche. Les

centres visuels communs, siégeant dans l'écorce des lobes occipitaux, nous permettent, par exemple, de voir les lettres comme des dessins quelconques, comme nous voyons les lettres d'une langue qui nous est étrangère (le chinois ou l'hébreu). Pour que nous reconnaissions une lettre, pour que l'assemblage de certaines lettres déterminées réveille l'*idée* du mot, il faut que ces centres corticaux de la vision commune entrent en connexion avec la zone du langage (Déjerine). Or cette zone de la mémoire visuelle des lettres siège dans le voisinage des centres visuels communs, à savoir dans le pli courbe gauche, au moins chez les droitiers.

B. — Fonctions de la substance blanche des hémisphères

Nous nous sommes arrêtés (p. 264) au point où les fibres nerveuses venant de la moelle atteignent les pédoncules cérébraux. A partir de là, elles se dirigent vers la capsule interne, où elles se placent entre la couche optique et le noyau lenticulaire.

Elles font ensuite partie du *soleil de Vieussens* (couronne rayonnante) pour aller se rendre les unes aux lobe occipital et temporal, et les autres aux lobes frontal et pariétal.

Faisceau sensitif. — Celles de ces fibres qui se dirigent vers le lobe occipital, c'est-à-dire du côté postérieur, se comportent comme les cordons dorsaux de la moelle dont ils sont la continuation ; détruites sur un point, elles dégénèrent *de la moelle vers le cerveau* et entraînent des troubles qui sont d'*ordre sensitif* (Pl. V, S).

Celles qui se rendent aux parties antérieures du cerveau se comportent comme les cordons ventraux de la moelle ; détruites sur un point, elles dégénèrent *du cerveau vers la moelle* et entraînent des troubles d'*ordre moteur*. Le plus grand nombre de ces fibres sont en effet le prolongement des faisceaux pyramidaux de la moelle.

Faisceaux pyramidaux ou moteurs. — Ces faisceaux pyramidaux, direct et croisé, se divisent en autant de faisceaux secondaires ou fascicules qu'il y a de centres moteurs pour les membres et le tronc. Ils réunissent, en un mot, les territoires de la zone motrice d'un hémisphère cérébral aux cellules motrices de la corne ventrale située du *côté opposé* de la moelle épinière. Lorsque les faisceaux de fibres nerveuses sous-jacents à la zone motrice sont détruits dans le centre ovale, ils provoquent une paralysie de l'autre côté du corps, l'*hémiplégie* (*hémi*, moitié ; *plessein*, frapper). Les lésions du lobe occipital entraînent des désordres ou une perte plus ou moins grande de la sensibilité du côté opposé du corps, l'*anesthésie* (*an* privatif, *esthésis*, sensibilité).

Explication de la Planche V (p. 278).

Fig. 1. — Centres de l'écorce cérébrale (hémisphère gauche).

B, protubérance annulaire;

C, cervelet;

F, lobe frontal;

P, lobe pariétal;

T, lobe temporal;

O, lobe occipital;

1, centre des mouvements du membre abdominal droit;

2, centre des mouvements du membre thoracique droit;

3, centre des mouvements de la face et de la langue;

4, centre des images motrices vocales;

5, centre de la mémoire auditive des mots;

6, centre de la mémoire visuelle des lettres;

7, centre visuel commun.

Fig. 2. — Faisceaux blancs partant des centres gris de l'écorce cérébrale.

Les chiffres ont même signification que sur la figure 1, de même que F, etc.

PA, faisceau blanc reliant à la moelle le centre gris gauche des mouvements du membre abdominal droit;

PT, faisceau blanc reliant à la moelle le centre gris gauche des mouvements du membre thoracique droit;

FG, faisceau blanc reliant au bulbe le centre gris des mouvements de la face et de la langue;

FP, faisceau blanc reliant au bulbe le centre gris des images motrices vocales

FA, faisceau blanc reliant au bulbe le centre gris de la mémoire auditive des mots;

FV, faisceau blanc reliant au bulbe le centre gris de la mémoire visuelle des lettres;

SSS, faisceau blanc sensitif reliant la partie postérieure du cerveau à la partie correspondante de la moelle.

Planche V.

Fig. 1.

Fig. 2.

A. Millot lith.

ENCEPHALE DE L'HOMME

p. 278

d'un vaisseau sanguin dans la capsule interne, reproduit le tableau précédent et a pour résultat *la paralysie du mouvement et l'anesthésie dans la moitié opposée du corps*.

Cette étude nous met à même de conclure que le cerveau n'est pas un organe où toutes les facultés soient répandues et disséminées dans toutes les cellules cérébrales. Nous arrivons au contraire à dire, avec M. Charcot, que le cerveau est un assemblage, une collection d'organes ayant chacun son siège déterminé et donnant naissance à un faisceau blanc qui les met en rapport avec les centres sous-jacents.

C. — Fonctions du cerveau des autres mammifères

Telles sont les découvertes remarquables que nous devons à l'étude des maladies du cerveau de l'homme. La méthode suivie dans ces observations est lente, mais donne des résultats précieux : on étudie les phénomènes que produisent chez l'homme les lésions traumatiques et pathologiques du cerveau, et on compare aux lésions constatées après la mort les phénomènes vus et consignés pendant la vie. Si la même lésion observée plusieurs fois dans le même lieu a produit chaque fois les mêmes troubles, il est permis de considérer comme réelle la relation qu'on suppose exister entre la faculté altérée et le siège de la lésion.

Région motrice. — Dès 1870, on a songé à aller plus vite. Deux médecins allemands, MM. Fritsch et Hitzig, et un médecin anglais, M. Ferrier, ont excité, par le courant électrique, sur les chiens et les singes *endormis*, les différents départements du cerveau. Cette méthode expérimentale serait préférable à la précédente ; mais elle est, on le comprend bien, inapplicable à l'homme ; de plus, il est impossible d'interroger les animaux pour savoir ce qui se passe dans leurs organes encéphaliques, et, à raison de la différence de configuration du cerveau et de la vie cérébrale, on ne peut appliquer à l'homme *toutes* les conséquences qui paraissent découler d'expériences faites sur les animaux, même sur les singes. Quoi qu'il en soit, l'excitation du cerveau des animaux a donné des résultats du plus haut intérêt et qui, rapprochés des faits connus chez l'homme, éclairent vivement l'histoire des fonctions du cerveau.

En faisant passer un courant électrique dans une région circonscrite située à l'union des lobes frontal et pariétal, on produit des mouvements dans les muscles du côté opposé au corps. Il y a donc chez les animaux une *région motrice* correspondante à celle du cerveau humain.

Les résultats les plus intéressants ont été obtenus sur les singes, dont les circonvolutions présentent, comme le montre la figure 180, une disposition rappelant celle du cerveau de l'homme. La région motrice entoure également la scissure de Rolando. Sur la partie supérieure des circonvolutions frontale et pariétale ascendantes se trouvent, en 1, 2, 3, 4, des centres dont l'excitation produit des mouvements dans les membres abdominaux. En 5 et 6 (partie moyenne de la frontale ascendante et première frontale), existent



Fig. 180. — Localisations motrices du cerveau du singe (côté gauche), obtenues par l'excitation électrique.

1 et 2, centres des mouvements du membre abdominal droit ; 3, centre des mouvements de la queue ; 4, 5, 6, centres des mouvements du membre thoracique droit ; 7, 8, 9, 10 et 11, centres des mouvements de la bouche et de langue ; 12, 13 et 13', centres des mouvements du globe oculaire et de la tête ; 14, 14, 14, centres des mouvements de l'oreille droite ; 15, centre des mouvements des lèvres et de la narine.

les centres des mouvements des membres thoraciques ; en 7, 8, 9, 10, 11 (tiers inférieur de la frontale ascendante et de la pariétale ascendante), les centres du mouvement des lèvres, de la bouche, de la langue. Sur le lobe frontal, près de la frontale ascendante, en 12, on voit le centre de mouvement des muscles de la face.

M. Ferrier place le centre de l'audition en 14, 14, 14 (1re circonvolution temporale) ; celui de la vision en 13 et 13' (région de la 2e circonvolution pariétale), et celui de l'odorat et du goût en 15 (sommet du lobe temporal).

La comparaison de cette figure avec celle de l'homme montre le parallélisme des principaux centres chez l'homme et le singe, malgré les procédés différents qui ont servi à dresser la topographie des territoires cérébraux.

Tout récemment, deux autres médecins anglais, MM. Horsley et Beevor, ont vérifié la plupart de ces faits sur un singe macaque. En agissant sur le cerveau de cet animal, endormi par l'éther, ils ont pu déterminer, avec un courant électrique exactement suffisant, c'est-à-dire le plus faible possible, et par une application très courte, un mouvement unique, absolument localisé. En prolongeant l'excitation, ils ont observé d'autres mouvements qui apparaissent dans un ordre bien déterminé. Ils ont produit ainsi les mouvements isolés du pouce, des doigts; la flexion de l'avant-bras sur le bras. Continuant l'expérience, ils répètent les mêmes phénomènes dans le train abdominal, dans la face, les yeux, etc.

Insistons encore sur ce fait que l'excitation la plus faible possible donne lieu à un mouvement; mais il suffit de porter l'excitation à 1 ou 2 millimètres plus loin pour qu'il n'y ait plus rien. Il s'agit donc bien d'un centre précis d'où partent les fibres nerveuses reliant ce point aux muscles.

Les autres régions du cerveau, en dehors de la région motrice, ne donnent lieu à aucune contraction musculaire à la suite de l'excitation électrique ou mécanique.

En détruisant la région motrice du cerveau des animaux, on obtient une paralysie des muscles qu'on avait mis en jeu précédemment par l'excitation. Mais disons tout de suite que chez les animaux cette paralysie n'est pas durable et permanente. Les animaux se remettent peu à peu à se servir des membres paralysés et à marcher. Cette restitution des mouvements a été invoquée pendant longtemps contre la théorie des centres moteurs et des localisations. Il est probable que chez les animaux d'un type inférieur à l'homme les centres nerveux situés dans les parties non cérébrales du système nerveux (protubérance, bulbe, moelle) peuvent suppléer le cerveau pour les mouvements plus ou moins automatiques. En effet, si, au lieu de s'adresser à des chiens ordinaires, on enlève la région motrice à des chiens auxquels on avait appris à donner la patte et à faire d'autres tours savants, ces animaux, dont les facultés avaient été développées par l'éducation, recouvrent les mouvements, mais ils ont perdu la faculté de donner la patte. C'est donc bien d'un centre supérieur ou psychomoteur qu'on les a privés.

Région sensitive. — Pour ce qui concerne les parties de l'écorce

cérébrale situées en dehors de la zone motrice, nous devons au médecin allemand M. Munk quelques expériences intéressantes. Il enlève à un chien les lobes occipitaux. Après la guérison, l'animal voit encore la niche ou le seau qui contient sa nourriture, mais il ne les reconnaît plus, c'est-à-dire qu'il ne comprend plus que c'est la niche où il peut se reposer, que c'est le seau où il trouvera son repas. Ce chien, qui voit encore incontestablement, a perdu la mémoire du sens qu'il attachait aux impressions des objets vus.

Un autre chien, auquel il a enlevé les lobes temporaux, entend encore, mais il ne reconnaît plus la voix de son maître. Il a perdu la mémoire du sens qu'il attachait au son entendu.

Dans d'autres expériences, M. Munk a extirpé un œil ou une oreille à de jeunes chiens à la naissance. Au bout de quelques mois, les lobes occipital et temporal du côté opposé à la lésion étaient moins développés que ceux qui étaient en relation avec l'œil et l'oreille encore intacts. Le centre visuel semble donc bien siéger dans la substance grise du lobe occipital, et le centre auditif dans celle du lobe temporal.

Ces faits, qui ont trait aux animaux, concordent avec les phénomènes de mémoire visuelle, de mémoire auditive, etc., que nous avons relatés chez l'homme (p. 274 et suivantes).

FONCTIONS DU CERVELET

Effets obtenus par la destruction. — Le cervelet renforce et coordonne les mouvements du corps. Dès 1851, Flourens a montré, en enlevant le cervelet aux pigeons, que les mouvements, en l'absence de cet organe, continuent à se faire, mais d'une façon déréglée et incertaine. On donne à cet état de trouble et de désordre des mouvements le nom d'*ataxie cérébelleuse* (*a* privatif, *taxis*, ordre).

Influence du cervelet sur les mouvements. — Un médecin italien, M. Luciani, vient de préciser les fonctions du cervelet chez les mammifères.

Lorsqu'on enlève sur des chiens et des singes une *moitié* du cervelet, on produit une série d'altérations dans les mouvements de l'animal.

Quelque temps après l'ablation de l'une des moitiés de l'organe, l'animal ne peut se tenir debout ni marcher sans l'aide d'un appui. Plus tard il marche, mais avec précaution, à pas lents, et sa démarche est oblique. Il y a diminution d'énergie dans les mou-

vements, surtout du côté opéré : il y a *asthénie* (*a* privatif, *sthénos*, force); même au repos, les muscles du côté opéré sont plus flasques que ceux du côté sain; l'innervation des muscles en question est diminuée. On donne à cette diminution de la tension élastique des muscles au repos le nom d'*atonie* (*a* privatif, *tonos*, ton, ressort).

Enfin, une troisième altération consécutive de l'ablation d'une moitié du cervelet consiste dans une titubation spéciale pendant la marche. On observe un léger tremblement de la tête et du tronc; les mouvements manquent d'harmonie et d'ensemble, parce que les contractions des muscles ne s'associent pas. De là une grande incertitude et un défaut d'harmonie dans les mouvements. On donne à cet état, caractérisé par le manque d'équilibre et le tremblement, le nom d'*astasie* (*a* privatif, *stasis*, équilibre).

L'ablation d'une moitié du cervelet produit ainsi une ataxie particulière, caractérisée par la diminution d'énergie des mouvements, par des contractions discontinues, de la titubation et de l'incertitude dans la marche. Au repos même, les muscles sont moins étendus, moins élastiques que du côté sain.

Après l'ablation de *tout* le cervelet, les contractions musculaires sont plus mal assurées encore. Elles sont si discontinues, si incohérentes, que le chien ne peut, dans les premiers temps, se tenir debout, quoiqu'il soit capable de nager d'une manière normale, se fatiguant cependant plus qu'un chien ordinaire.

Malgré la faiblesse, l'insuffisance d'énergie et le désordre dans les mouvements, l'ablation du cervelet n'entame en aucun sorte les facultés intellectuelles ni les fonctions des sens.

Le cervelet exerce donc une influence directe sur l'énergie, la juste mesure et la juste direction des mouvements.

Tandis que l'action du cerveau est *croisée*, celle du cervelet est *directe*, c'est-à-dire que chaque moitié du cervelet agit sur les mouvements volontaires de la moitié correspondante du corps.

Nous conclurons des expériences de Luciani :

Le cervelet renforce l'énergie des contractions musculaires; il augmente la force élastique et la tension des muscles au repos; enfin, il associe les contractions musculaires, de sorte qu'il en résulte des mouvements d'ensemble précis, bien dirigés et bien déterminés.

Action des pédoncules cérébelleux. — Les prolongements du cervelet ou pédoncules cérébelleux mettent cet organe en communication avec le cerveau (pédoncules cérébelleux supérieurs) et avec la moelle (pédoncules cérébelleux inférieurs). De plus, les

fibres transversales (pédoncules cérébelleux moyens) relient les lobes latéraux du cervelet entre eux et à la protubérance.

Lorsqu'on irrite les pédoncules cérébelleux d'un côté, les muscles de ce côté du cou et du tronc se contractent, de manière à incurver et à fléchir le cou et le tronc du côté correspondant. Si les pédoncules cérébelleux sont irrités à la fois à droite et à gauche, le cou et le tronc se courbent en arc du côté dorsal.

Si l'on sectionne ou enlève les pédoncules cérébelleux d'un côté, on supprime l'action de la moitié correspondante du cervelet.

De cette façon, on détermine une brusque cessation de l'équilibre du corps, et l'on voit l'animal se rouler, c'est-à-dire tourner autour d'un axe longitudinal qui traverserait son corps dans sa longueur. Il tourne avec une telle rapidité, qu'il exécute parfois plus de soixante tours par minute.

Selon les points qu'on enlève dans les pédoncules cérébelleux, l'animal peut présenter d'autres troubles d'équilibre et décrire des mouvements de rotation rappelant les mouvements de manège ou en rayon de roue. Il est probable que le vertige consécutif à la cessation d'équilibre joue un grand rôle dans la production de ces divers mouvements.

SYMPATHIQUE

Le cœur et les vaisseaux, ainsi que la plupart des viscères, sont animés par des nerfs formant un système spécial, connu sous le nom de *sympathique*. Celui-ci est formé, comme le montre la figure théorique (181), d'une double chaîne qui s'étend de chaque côté de la colonne vertébrale. Comme, de distance en distance, le sympathique présente des renflements nerveux, dits *ganglions*, on l'a comparé à un chapelet. Les ganglions se trouvent disposés très régulièrement dans la région du thorax, des lombes et du sacrum, de sorte qu'on y trouve un ganglion au niveau de chaque trou de conjugaison; mais dans la région cervicale il n'en existe que trois.

Le sympathique émane du système cérébro-spinal. — A ne considérer que cette figure théorique, on croirait à l'indépendance du sympathique et on décrirait un système ganglionnaire distinct du système cérébro-spinal, et servant à la vie organique. Si nous regardons, au contraire, avec attention la figure 182, qui représente le sympathique droit de l'homme, nous voyons qu'il tire son origine du système cérébro-spinal. En effet, au voisinage des côtes sectionnées, nous apercevons le bout central des nerfs



Fig. 181. — Figure théorique du sympathique.

a, cœur; *b*, diaphragme; 1, 2, 3. les trois ganglions cervicaux; 4. ganglions thoraciques abdominaux et pelviens; 5, branches viscérales des ganglions cervicaux; 6, plexus cardiaque; 8, nerf grand splanchnique; 9, ganglion semi-lunaire; 10, plexus solaire émettant le plexus (7) allant à l'estomac, au foie et à l'intestin; 11, plexus lombo-aortique; 12, plexus hypogastrique; 13, plexus vertébral.

rachidiens également coupés : de chacun de ces derniers, nous voyons se détacher un ou deux filets nerveux, qui vont de là se rendre au ganglion sympathique correspondant. Ces filets portent le nom de *rameaux communicants*, et ils représentent les branches *afférentes* ou *racines* du sympathique.

D'autre part, chaque ganglion envoie des branches qui vont se distribuer aux organes en suivant de préférence les vaisseaux qu'elles entourent d'un véritable filet ou plexus nerveux. La distribution des branches *efférentes* mérite d'être étudiée dans chaque région.

Sympathique cervical. — Dans la région cervicale, le ganglion le plus élevé de la chaîne, c'est-à-dire le premier ganglion *cervical* (fig. 181, 1) situé au-dessous de la base du crâne, donne : 1° des rameaux qui suivent l'artère carotide interne pour aller se distribuer à l'intérieur du crâne et à l'œil ; 2° des filets à la carotide externe pour aller à la face, dans la bouche, etc.; 3° des filets pharyngiens; et 4° un rameau (6) qui descend dans la poitrine et se dirige vers le cœur.

Le deuxième ganglion cervical (fig. 181, 2) donne également un filet cardiaque (fig. 182, 1er ou 2e ganglion cervical).

Le troisième ganglion cervical (fig. 181, 3) est situé à l'entrée du thorax ; il donne de nombreuses branches efférentes : 1° des filets qui entourent l'artère vertébrale et vont (181, 13) dans le crâne ; 2° des filets allant au membre thoracique en accompagnant l'artère sous-clavière et les nerfs du plexus brachial ; 3° un rameau allant au cœur (fig. 182, 2e ou 3e ganglion cervical).

Comme on le voit, chaque ganglion cervical fournit un rameau se dirigeant vers le cœur ; mais, en arrivant dans la concavité de la crosse de l'aorte, ces filets cardiaques s'anastomosent avec d'autres rameaux fournis par le pneumo-gastrique (181, 6). Ces deux ordres de filets constituent le *plexus cardiaque* (6), présentant un ganglion et donnant naissance à des branches qui accompagnent les artères du cœur (fig. 182, à gauche de *b*).

Sympathique thoracique. — Les ganglions *thoraciques* du sympathique sont au nombre de 12. Les cinq premiers donnent (183, 2) des branches allant sur l'aorte et les bronches. En entourant les bronches de leurs mailles, elles se mélangent avec des filets fournis par le pneumo-gastrique pour former le *plexus pulmonaire*. Les sept derniers ganglions se comportent comme les filets cardiaques, c'est-à-dire qu'ils donnent des filets qui se réunissent pour constituer deux nerfs, le *grand nerf splanchnique* (184, 2) et le *petit nerf splanchnique*.

Sympathique abdominal et pelvien. — Ces deux nerfs tra-

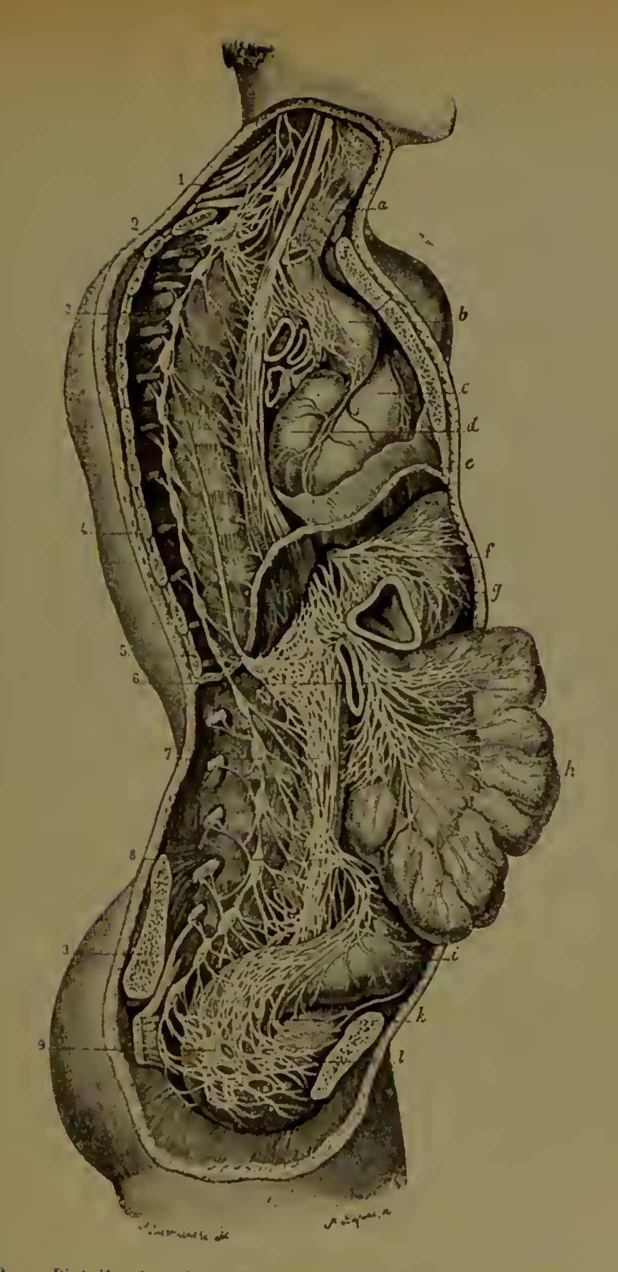


Fig. 182. — Distribution du sympathique et du pneumo-gastrique (droits).

a, trachée-artère, en arrière de laquelle se voit le pneumo-gastrique droit; *b*, crosse de l'aorte; *c*, *d*, cœur; *e*, diaphragme; *f*, plexus nerveux de l'estomac (*g*); *h*, intestin grêle avec le plexus mésentérique supérieur (6); *i*, gros intestin avec le plexus mésentérique inférieur; *k*, rectum avec le plexus hypogastrique (9); *l*, vessie.

versent le diaphragme et vont se rendre aux organes situés dans l'abdomen. Mais auparavant ils se jettent, de chaque côté, dans un ganglion en forme de croissant (fig. 185, 2), ou *ganglion semi-lunaire, situé de chaque côté du tronc cœliaque*. Celui de droite reçoit les branches terminales du pneumo-gastrique droit. Les branches efférentes des ganglions semi-lunaires forment sur l'aorte un plexus rayonnant; d'où le nom de *plexus solaire* (7). Celui-ci fournit des plexus secondaires aux artères, qui se distribuent à l'estomac, à l'intestin grêle, au foie, à la rate, au pancréas, au rein, etc.

Les branches efférentes des quatre ou cinq ganglions lombaires se dirigent vers l'aorte et y forment le *plexus lombo-aortique* (8). De celui-ci se détache le plexus secondaire, qui va se rendre à la moitié gauche du gros intestin.

Les ganglions sacrés, enfin, donnent dans le bassin de nombreux filets qui forment, de chaque côté du rectum (fig. 182, *k*) et de la vessie (*l*), un plexus, dit *hypogastrique* (9), renforcé par de nombreuses branches venant des nerfs lombaires et sacrés.

La tête semble, d'après cette description, manquer de ganglions sympathiques. Il n'en est rien : à chacune des trois branches du trijumeau se trouve annexé un ganglion, qui est relié au premier ganglion cervical par des filets nerveux.

Les fibres nerveuses du sympathique sont réduites au cylindre-axe seul; elles n'ont ni gaine de myéline, ni gaine de Schwann. Aussi ont-elles un aspect grisâtre.

Structure du sympathique. — Les ganglions renferment des amas de cellules nerveuses, qui ont des formes différentes selon les animaux. Chez les poissons, ces cellules émettent un prolongement par chacun de leurs deux pôles; ce sont des cellules *bipolaires*; celles des grenouilles ont aussi deux prolongements, mais ils partent du même pôle et l'un s'enroule autour de l'autre (fig. 149, p. 252). Chez les mammifères et l'homme, les cellules des ganglions sympathiques sont *multipolaires*.

Le sympathique, qui est relié par ses racines au système cérébro-spinal, provient chez l'embryon d'amas cellulaires qui se détachent du névraxe. Il est donc de même origine que la moelle.

Fonctions du sympathique. — L'excitation du sympathique donne lieu, dans les organes qu'il innerve, à des phénomènes de sensibilité et de motilité qui sont les mêmes que ceux que produit l'excitation des nerfs crâniens ou rachidiens. Ils sont moins nets toutefois. Bichat avait déjà été frappé par ce fait que le système artériel sert de support aux ramifications du nerf sympathique. D'autre part, le médecin français Pourfour du Petit avait, dès 1727, constaté qu'en coupant le sympathique dans la région du cou, une

légère inflammation se produit dans la conjonctive par le *gonflement des vaisseaux*. Il expliquait ce fait en disant que le sympathique portait les « esprits » dans les yeux.

Mais on arriva bien plus tard à interpréter cette expérience. En effet, le sympathique donne des nerfs aux vaisseaux qu'il enlace de ses filets; ceux-ci se terminent dans le tissu musculaire des parois vasculaires. En 1851, Claude Bernard fit l'expérience mémorable suivante : Après avoir coupé chez le chien, le cheval, le lapin, etc., le sympathique au cou, il vit la chaleur s'élever de plusieurs degrés du côté correspondant de la tête; en même temps, il constata que les vaisseaux se dilataient notablement : ce qu'il est facile de voir sur l'oreille du lapin. Dès 1852, Claude Bernard en France, M. Brown-Séquard alors en Amérique, montrèrent qu'en excitant, par un courant électrique, le bout périphérique du sympathique cervical coupé, on arrive à faire pâlir les vaisseaux dilatés de l'oreille; on les rétrécit et on amène le refroidissement de l'organe.

En arrachant le premier ganglion cervical, les effets de dilatation et d'injection vasculaire sont encore plus prononcés.

Nerfs vaso-moteurs. — Le sympathique renferme donc des filets nerveux qui modifient le calibre des vaisseaux : ce sont des nerfs *vaso-moteurs* (*vasa*, vaisseaux). Pendant la vie, il exerce une action constante sur les fibres musculaires des vaisseaux. Celles-ci sont dans un certain état de contraction; d'où résulte un certain resserrement, une certaine contraction du vaisseau : ce sont des nerfs *vaso-constricteurs*. Si l'on coupe ces nerfs, leur action sur les muscles vasculaires cesse et la tunique musculaire, paralysée, permet au vaisseau de se dilater : d'où les effets de calorification et de congestion. En électrisant le nerf, on amène la contraction des fibres musculaires et on rétrécit le calibre des vaisseaux.

Nerfs vaso-constricteurs. — Les artères de toutes les parties du corps reçoivent ainsi des nerfs vaso-constricteurs; il suffit de couper le nerf sciatique d'un côté pour voir les vaisseaux du membre correspondant se dilater et les tissus se congestionner. Claude Bernard a augmenté la vascularisation du poumon et de la plèvre en coupant le cordon sympathique; l'ablation du ganglion semi-lunaire produit le même effet sur l'intestin.

Le sympathique emprunte cette action au système cérébro-spinal. Si on coupe les racines des nerfs rachidiens, les vaisseaux se dilatent du côté correspondant du corps; si l'on excite le bout périphérique, ils se rétrécissent. En coupant en travers une moitié de la moelle épinière, on voit les vaisseaux se dilater et la chaleur augmenter du côté correspondant du corps. Si la section de la

moelle est complète, tout le train abdominal présente des vaisseaux dilatés et injectés. En faisant la section sur le bulbe, tous les vaisseaux du corps se trouvent dilatés.

De tous ces faits on peut conclure que la moelle épinière et le bulbe sont les centres où le sympathique vient prendre son origine et d'où il tient son action vaso-constrictive.

Nerfs vaso-dilatateurs. — Outre ces filets vaso-constricteurs, le sympathique en renferme d'autres, qui ont pour effet de dilater les vaisseaux. En 1858, Claude Bernard coupa la corde du tympan (fig. 17, p. 29) et, en excitant son bout *périphérique*, il vit les vaisseaux de la glande sous-maxillaire se dilater et le sang traverser plus abondamment tout l'organe. On n'a plus affaire ici à des vaso-constricteurs, puisque l'excitation de la corde amène d'emblée la dilatation des vaisseaux. On a émis diverses hypothèses pour expliquer cette action ; aujourd'hui une série d'expériences permettent d'affirmer que les nerfs vaso-dilatateurs n'agissent pas directement sur les vaisseaux, mais amènent une paralysie des vaso-constricteurs. Claude Bernard avait déjà fait une comparaison heureuse : On sait qu'une lumière agissant sur une autre lumière, ou plutôt en sens contraire d'une autre lumière, produit de l'obscurité. Lorsque deux lumières d'égale intensité vont à la rencontre l'une de l'autre, elles s'annulent et il en résulte de l'obscurité. Ce phénomène est connu sous le nom d'*interférence lumineuse*. De même, dit Claude Bernard, l'action des vaso-dilatateurs neutralise celle des vaso-constricteurs, d'où *interférence nerveuse*. Les expériences de MM. Dastre et Morat prouvent que les choses se passent en réalité ainsi. Tandis que l'excitation de la première portion du cordon cervical du sympathique, ainsi que celle des communicants venus des sept premiers nerfs cervicaux, rétrécit les vaisseaux de l'oreille, l'excitation des rameaux communicants du 8ᵉ nerf cervical et des deux premiers thoraciques amène d'emblée la dilatation des vaisseaux auriculaires. Les nerfs vaso-dilatateurs ne vont donc pas jusqu'à l'oreille, mais s'arrêtent dans les deux derniers ganglions cervicaux. Il en est de même pour les membres abdominaux : en excitant le nerf sciatique ou les derniers ganglions sympathiques lombaires, on produit une vaso-constriction des vaisseaux de la patte ; au contraire, en portant l'excitation sur les premiers ganglions sympathiques lombaires, on amène d'emblée une dilatation des vaisseaux dans les pulpes digitales.

Les filets vaso-dilatateurs de la corde du tympan se terminent dans le ganglion nerveux qui est situé près de la glande sous-maxillaire et, par son intermédiaire, ils agissent sur les vaso-con-

stricteurs des vaisseaux, dont ils suspendent momentanément l'influence (voir ce ganglion figuré en 4, fig. 209).

Les filets vaso-constricteurs sont donc des nerfs qui viennent se mettre en rapport avec les muscles de la paroi vasculaire, dont ils resserrent le calibre, tandis que les filets vaso-dilatateurs ne dépassent pas les ganglions du sympathique. Par l'intermédiaire des cellules de ces ganglions, ils peuvent agir sur les filets vaso-constricteurs, suspendre leur action et amener ainsi d'emblée la dilatation des vaisseaux.

Innervation des viscères. — Nous avons vu, p. 286, que le pneumo-gastrique et le sympathique fournissent à divers niveaux des filets qui se rapprochent et s'anastomosent pour former des plexus présentant des ganglions nerveux et envoyant des branches nerveuses au tube digestif, au cœur, au poumon, etc.

Ces filets d'origine variable ont-ils une action semblable ou différente? Dès 1855, le médecin allemand Pflüger, ayant excité le pneumo-gastrique, produisit des contractions de l'intestin, tandis qu'en excitant le nerf grand splanchnique (sympathique), il vit cesser ces mouvements. Le sympathique joue donc vis-à-vis du pneumo-gastrique le rôle de nerf suspensif ou d'arrêt. Le pneumo-gastrique est ainsi comparable à un nerf vaso-constricteur et le sympathique à un nerf d'arrêt. Seulement l'un et l'autre nerf, au lieu d'agir ici sur la musculeuse vasculaire, produisent leur effet sur la musculeuse intestinale.

Innervation du cœur. — Quant au cœur, il reçoit du plexus cardiaque deux ordres de filets, les uns venant du pneumo-gastrique, les autres du sympathique. En excitant le pneumo-gastrique, on diminue le nombre des contractions du cœur; en le coupant, on voit ses mouvements s'accélérer. Au contraire, en excitant le sympathique, les mouvements du cœur augmentent de rapidité, tandis que, si on le coupe, ils diminuent de nombre.

L'action du pneumo-gastrique et du sympathique est donc inverse de celle que ces deux nerfs ont sur le tube digestif. Dans le cœur, le pneumo-gastrique est vaso-dilatateur, et le sympathique, vaso-constricteur. Comme pour le tube digestif, l'action de ces deux nerfs se produit, non point sur la musculeuse des vaisseaux nourriciers de l'organe, mais sur la musculeuse même du cœur.

Les contractions du cœur sont la cause de la circulation du sang; mais on voit que l'action du système nerveux règle et la rapidité des mouvements du cœur et la distribution du sang dans les organes. Que les vaso-constricteurs d'une région entrent en action sous l'influence du froid ou d'autres causes, il en résultera une diminution de l'apport du sang et, par contre-coup, un ralen-

tissement des contractions du cœur. Que les vaso-dilatateurs entrent en action, le sang arrive plus abondamment dans l'organe et la chaleur y augmente notablement. Le nerf sympathique règle par conséquent les circulations locales et régularise la distribution de la chaleur dans les diverses régions du corps.

RÉSUMÉ DE LA CONSTITUTION ET DU FONCTIONNEMENT DU SYSTÈME NERVEUX

Si nous ramenons la disposition si compliquée du système nerveux à ses parties essentielles, nous voyons qu'il se laisse réduire à une ou plusieurs cellules munies de prolongements.

Pendant longtemps on a cru que les prolongements de l'une des cellules allaient se continuer avec ceux des cellules voisines. Aujourd'hui on sait que la plupart des prolongements des cellules nerveuses se ramifient en filaments de plus en plus fins, qui vont se mettre *au contact* de ceux des autres cellules. En un mot, il n'y a pas continuité, mais contiguïté seulement. Dans les centres nerveux, les relations précédentes sont multiples entre les cellules des divers étages.

Dans la moelle, les cellules (183, *V*) des cornes ventrales envoient, outre les prolongements qui restent dans le centre, un prolongement très long, qui va aboutir à une fibre musculaire *M*, où il se termine par une arborisation (*e*).

Quant aux cellules des cornes dorsales (*d*), leurs prolongements se mettent en relations semblables avec les divisions du prolongement centripète de la cellule du ganglion rachidien (*R*). Enfin le prolongement périphérique de la cellule ganglionnaire (*R*) va aboutir à la peau (*P*), où il se ramifie en une sorte de buisson.

Fonctionnement du système médullaire. — En portant une excitation sur la peau, il se produit une impression, qui suit le trajet de la fibre *PR* selon la flèche *y* et arrive au ganglion rachidien. De là elle gagne, après avoir été modifiée par la cellule ganglionnaire, le prolongement centripète de la cellule R. Par l'intermédiaire de l'arborisation centrale de R, elle se transmet à la cellule de la corne dorsale (*d*) et de là à l'arborisation de la cellule de la corne ventrale (*V*). Celle-ci lui fait subir une autre modification qui la transforme en un mouvement centrifuge, suivant le nerf (*Ve*) et se transmettant à la fibre musculaire *M*.

Si nous supposons une personne endormie ou une grenouille décapitée pour supprimer l'action du cerveau, nous voyons que

l'acte réflexe suit un trajet identique à celui que nous venons de décrire (flèche *y* de la fig. 185) : l'impression qui a lieu en P gagne, par la fibre centrifuge et par un trajet centripète, la cellule du

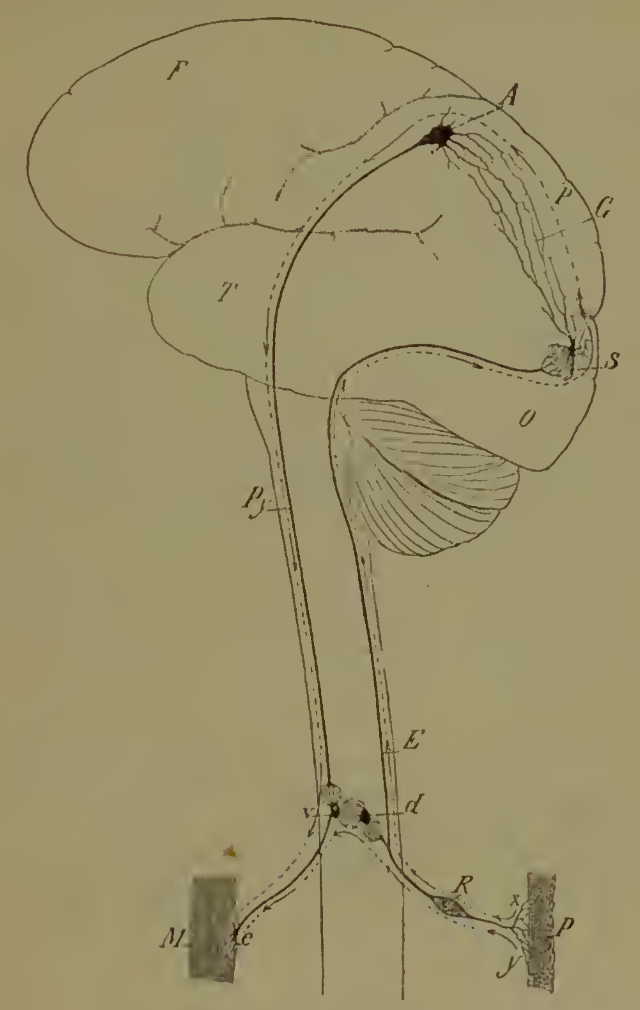


Fig. 185. — Figure théorique résumant le mode selon lequel fonctionne le système nerveux.

En haut, l'encéphale : *F*, lobe frontal ; *P*, lobe pariétal ; *T*, lobe temporal *O*, lobe occipital ; *C*, cervelet. — En bas, la moelle avec une cellule des cornes dorsales (*d*) et une cellule des cornes ventrales (*V*) ; *R*, ganglion rachidien ; *P*, peau ; *M*, muscle ; *e*, plaque motrice ; *E*, fibres centripètes de la moelle et de l'encéphale ; *S*, cellules des centres sensitifs ; *G*, arborisations centrales de ces cellules ; *A*, cellules motrices volontaires ; *Py*, faisceau pyramidal (centrifuge).

ganglion spinal (*R*); elle arrive ainsi par le prolongement centripète *R* au buisson nerveux central de *R*.

Celui-ci est au contact du buisson nerveux de la cellule de la corne dorsale (*d*) qui est excitée à son tour. L'excitation est transmise par le buisson *d* à la cellule motrice de la corne ventrale (*V*), qui transforme l'impression en un mouvement centrifuge amenant la contraction du muscle (*M*).

Tel est l'acte réflexe le plus simple, produisant une contraction à la suite d'une excitation faible de la peau.

Si l'excitation est plus forte, les prolongements des cellules de la corne du côté opposé sont mis en jeu et nous avons une contraction symétrique des muscles de l'autre moitié du corps. Si nous supposons une excitation plus forte encore, toutes les cellules de la moelle épinière peuvent être impressionnées et nous avons des contractions dans la plus grande partie du système musculaire.

Fonctionnement du système cérébral. — A l'état de veille et d'intégrité du système cérébro-spinal, l'excitation périphérique suivra un trajet centripète jusqu'à l'encéphale. Supposons, pour plus de simplicité, que l'impression périphérique (flèche *x*) suive la fibre (*E*) et arrive à la partie postérieure du cerveau (*O*). Là les cellules (*S*) emmagasinent l'impression, qui nous affecte d'une manière agréable ou désagréable et donne lieu à une sensation.

Celle-ci est transmise, par les prolongements G, aux cellules des autres départements de l'écorce grise, qui l'interprètent et, après une élaboration spéciale, la transforment en un acte intellectuel, la *perception*.

Enfin nous pouvons, après délibération, nous déterminer, par l'intermédiaire des cellules pyramidales de la région rolandique (*A*), à agir *volontairement* sur les muscles du squelette. A cet effet, un mouvement volontaire part des cellules pyramidales (*A*), suit par voie centrifuge leur prolongement cylindre-axile (*Py*). Celui-ci passe par la capsule interne, les pédoncules cérébraux, les faisceaux pyramidaux de la moelle, et, enfin arrive par un buisson terminal aux cellules motrices de la corne ventrale (*V*). Ces dernières font parvenir, comme précédemment, l'ordre aux muscles, qui se contractent.

Ce n'est pas tout : de même que les relations des cellules nerveuses du système central se bornent à des relations de contact ou de contiguïté, nous allons voir dans les organes périphériques les fibres motrices et sensitives s'épanouir en un buisson terminal. Les filets de ce dernier aboutissent soit à la surface de la fibre musculaire, soit entre les cellules épithéliales, soit entre les cellules conjonctives de certains corpuscules spéciaux.

Dans les organes de l'odorat, du goût, de l'ouïe ou de la vue, nous trouverons des dispositions semblables, qui montrent que le tout se réduit à l'épanouissement du buisson terminal au contact des cellules épithéliales ou conjonctives.

ORGANES DES SENS

PEAU

La peau est une enveloppe qui constitue la limite extérieure du corps. C'est une membrane à la fois flexible et extensible, résistante et élastique. Son étendue est d'environ un mètre carré et demi. Son épaisseur varie selon les régions du corps; elle est en moyenne de 1 millimètre.

Structure de la peau. — En faisant une mince section de la peau et en l'examinant au microscope, on voit qu'elle se compose de deux couches principales, qui sont dessinées à des grossissements différents sur les figures 184 et 190. La couche superficielle porte le nom d'*épiderme* (*épi*, sur; *derma*, peau), parce qu'elle est située sur une deuxième couche, plus profonde, appelée le *derme*, qui comprend le reste de la coupe.

Épiderme. — L'épiderme est formé des mêmes éléments cellulaires que ceux que nous avons appris à connaître en étudiant la muqueuse buccale. Ce sont des cellules épithéliales dont les couches se succèdent dans le même ordre. Il n'y a qu'une différence : c'est l'état des cellules superficielles, qui restent molles dans la bouche de l'homme, mais qui se dessèchent et se racornissent sur la peau, au contact de l'air sec. Malpighi, le premier, a distingué la couche *cornée superficielle* de la *couche molle profonde*; aussi donne-t-on à cette dernière le nom de *corps muqueux de Malpighi* (*b*), qui, je le répète, est formée de cellules épithéliales semblables à celles de l'épithélium de la bouche. La couche cornée (*f*), au contraire, ne présente plus que des cellules aplaties, racornies, où toutes les parties, protoplasma et noyau, n'existent plus qu'à l'état de squelette. Cette couche cornée est très mince sur la plus grande partie du corps; mais elle atteint, à la plante des pieds et à la paume de la main, une épaisseur de 2 à 3 millimètres. Son développement énorme rend les mains et les pieds calleux. C'est la même couche cornée qui s'en va sous forme de lambeaux lorsqu'on a appliqué un vésicatoire, ou bien pendant la convalescence de la scarlatine et d'autres maladies graves.

Derme. — Le derme est formé de faisceaux et de fibres conjonctives qui s'entre-croisent en tous sens. Un réseau de fibres élastiques très serré et d'une finesse extrême du côté de l'épiderme parcourt le derme. La présence de ce tissu élastique fait qu'un pli de la peau s'efface instantanément et que cette membrane se moule admirablement sur les creux et les reliefs des diverses parties du corps.

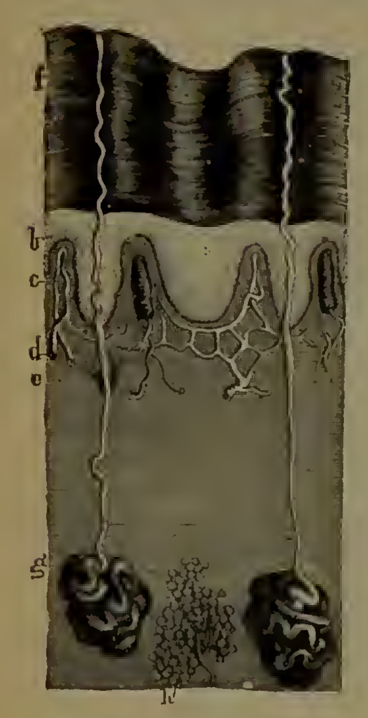


Fig. 184. — Coupe de la peau (grossie).

b, couche de Malpighi : *f*, couche cornée de l'épiderme ; *c*, papilles de la peau dont deux présentent des anses vasculaires, et deux autres des corpuscules du tact ; *d*, anses vasculaires ; *e*, conduit excréteur de la glande sudoripare, dont le glomérule est en *g* ; *h*, lobule de graisse.

La face superficielle du derme n'est pas unie et lisse, mais hérissée d'une série de saillies dites *papilles* (*c*), qui sont recouvertes d'épiderme, comme les *espaces interpapillaires*.

Quant à la face profonde du derme, elle présente, en beaucoup de régions, des fibres musculaires (*d*), qui sont lisses généralement et non striées, mais qui peuvent être striées et soumises à la volonté, comme à la face et sur la plus grande partie du corps des mammifères quadrupèdes, où elles forment les *muscles peauciers* (fig. 190).

Le derme est séparé des organes tels que les os, les muscles, etc., par une lamelle de tissu conjonctif très lâche, qui se laisse insuffler avec une grande facilité ; les bulles d'air y déterminent des cavités ou *cellules* des anciens auteurs : c'est le *tissu cellulaire sous-cutané*, formé de fibres conjonctives.

Le derme renferme de nombreux vaisseaux, qui vont se rendre en partie, comme le montre la figure 184, *cd*, aux papilles, dont toutes reçoivent des anses vasculaires. L'épiderme manque de vaisseaux.

Poils. — Telles sont les parties consistantes de la peau. Celle-ci produit en outre des organes de perfectionnement, dont les uns viennent faire saillie à l'extérieur, tandis que les autres restent

profondément cachés. Les premiers sont les *poils*, auxquels se trouvent annexées les *glandes sébacées*, et les seconds sont les *glandes sudoripares*.

Ces organes sont des dérivés de l'épiderme, mais qui vont se loger dans les parties vasculaires du derme. Pour les former, l'épiderme (fig. 185, *ep*) procède de la même façon que pour les glandes salivaires et les dents, par exemple; il envoie un bourgeon épithélial dans le derme (fig. 185, 1). Le début est le même pour les glandes sudoripares et les poils, mais la fin est différente. Le bourgeon pileux (*pilum*, poil) continue à s'allonger dans la profondeur, puis on le voit (fig. 185, 2) s'élargir par le fond et entourer une saillie vasculaire, semblable à celle des papilles dermiques, mais plus profondément située : c'est la *papille du poil* (*p*).

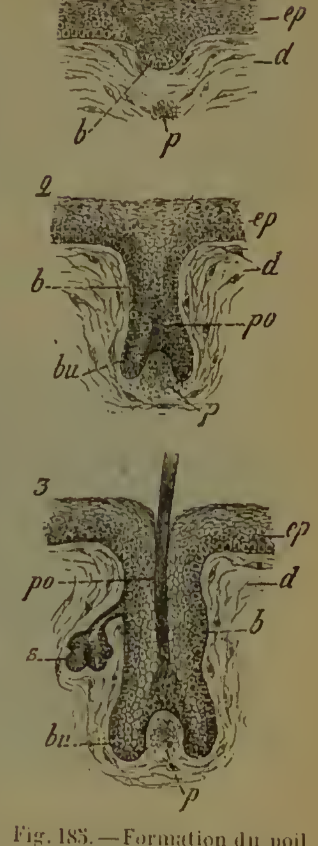


Fig. 185. — Formation du poil et des glandes sébacées.

ep, épiderme; *d*, derme. — 1, ébauche du bourgeon épithélial (*b*). — 2, le bourgeon épithélial (*b*) a pénétré dans le derme et son fond s'est étalé en un bulbe (*bu*), coiffant la papille (*p*). Au centre du bulbe s'est formée la tigelle (*po*), ébauche du poil. — 3, le poil (*po*) s'est allongé et le bourgeon épithélial (*b*) a formé latéralement une glande en grappe (*s*), ou glande sébacée.

L'organe qui va produire le poil est donc composé : 1° d'une enveloppe formée par le derme (*d*); 2° de la papille, également dermique et organe nourricier du poil, et 3° d'un bourgeon épithélial (*bu*) qui coiffe la papille. La partie du bourgeon qui entoure immédiatement la papille et qui a la forme d'un bulbe d'oignon (d'où son nom de *bulbe*), produit des cellules qui deviennent plus fermes, plus résistantes, plus cornées en un mot. Repoussées par les cellules nouvellement formées sur la papille, elles montent en s'allongeant et forment une *tigelle cornée* (2 et 3, *po*). Celle-ci, d'abord cachée dans la peau tant qu'elle n'a pas atteint la surface de l'épiderme, devient saillante et constitue le *poil*.

Le poil se compose donc d'une portion libre, la *tige* ou *flèche*,

et d'une portion profonde, cachée, la *racine*. Celle-ci est contenue dans une poche du derme appelée *follicule pileux* (*folliculus*, sac). Une section longitudinale de la racine d'un poil (fig. 185, 5) montre les parties suivantes : Au fond, se trouve une saillie conique, la *papille vasculaire* (*p*), qui se continue, sur les côtés, avec le manchon conjonctif du follicule pileux (*d*). La papille est entourée et coiffée par le renflement épithélial en forme d'oignon : c'est le *bouton* ou *bulbe* (*bu*). Enfin, entre le bulbe et la paroi conjonctive du follicule, sont intercalées plusieurs couches de cellules épithéliales, qui permettent à la tigelle cornée (*po*) de glisser dans les



Fig. 186. — Porc-épic (mammifère à piquants).

enveloppes que lui forme le follicule (*d*). Ce ne sont que les couches épithéliales centrales qui proéminent au dehors pour former la portion visible, la *tige* ou *flèche* du poil.

Chez l'homme, toute la peau est recouverte de poils, sauf à la paume de la main et à la plante du pied. Seulement ils atteignent un développement bien différent selon les régions : très longs et très rapprochés sur la peau du crâne (*cheveux*), ils restent petits et rudimentaires presque partout ailleurs (*poils du duvet*).

Poils des autres mammifères. — Chez les mammifères, les poils recouvrent la plus grande partie du corps et sont plus développés que chez l'homme. Ces poils sont les uns soyeux, raides et longs : c'est le *jarre*; les autres sont fins, courts, doux au tou-

cher et cachés dans les précédents : c'est le *duvet* ou *bourre*. Le duvet est surtout abondant chez les animaux qui habitent les régions glaciales ou les hautes montagnes; aussi leur fourrure est-elle souple et chaude : c'est une sorte de milieu ou de zone intermédiaire entre la peau et l'atmosphère extérieure, qui est froide. Dans nos climats mêmes, nous voyons en hiver le poil des mammifères devenir plus abondant et le duvet surtout prendre un développement plus considérable. L'homme qui habite les climats rigoureux tire parti de ces fourrures depuis les temps les plus reculés et s'en couvre pour se garantir du froid.

Rôle des poils. — Les poils, comme la couche cornée de la



Fig. 187. — Hérissons (mammifères à piquants).

peau, sont mauvais conducteurs de la chaleur et emprisonnent une couche d'air dans leurs interstices, de façon que l'animal est pour ainsi dire isolé de l'atmosphère enveloppante. Ils constituent un moyen très efficace pour empêcher la déperdition de la chaleur. Ils forment des organes de protection.

Les poils longs et rigides forment les *soies*, et quand ils deviennent plus gros et plus rigides encore, les *piquants* du porc-épic, du hérisson (fig. 186, 187). Ils deviennent alors des organes de défense. Il est intéressant de remarquer qu'il existe des mammifères à peau cuirassée : les *pangolins* de l'Afrique et des Indes Orientales (fig. 188) ont le corps couvert d'écailles imbriquées et de nature cornée; les *tatous* (fig. 189) de l'Amérique du Sud ont également un squelette cutané : celui-ci est formé de plaques osseuses,

minces et flexibles, recouvertes d'un épiderme corné. La carapace constitue à ces animaux une cuirasse protectrice, puisqu'ils possèdent la faculté de s'enrouler en boule, au moindre danger



Fig. 188. — Pangolin (mammifère à écailles cornées).

Il en est de même des *plumes* des oiseaux, dont les unes concourent à la locomotion, tandis que les autres, ayant l'apparence d'un duvet abondant et serré, remplissent contre la déperdition



Fig. 189. — Tatou (mammifère à plaques osseuses).

de la chaleur un rôle plus efficace encore que la fourrure des mammifères. Bien que la structure des plumes soit plus compliquée que celle des poils, leur développement rappelle celui de ces derniers : il se fait aux dépens d'un bourgeon épithélial qui s'en-

fonce dans le derme et édifie la tigelle cornée sur une papille vasculaire.

Rôle de la graisse. — Aux follicules pileux se trouvent annexées, chez les mammifères et l'homme, des glandes de 1 dixième de millimètre à 1 et 2 millimètres. Ce sont (fig. 185, *s*, et fig. 190, *f*) des glandes en grappe semblables aux salivaires; on les appelle *glandes sébacées*; elles sont d'autant plus développées que les poils sont plus petits. Les cellules épithéliales de ces glandes élaborent des gouttelettes de graisse, qui deviennent libres par la fonte de la cellule et s'écoulent dans le follicule pileux : de là la graisse se répand sur l'épiderme et le poil, qu'il couvre d'une couche imperméable à l'eau. La matière sébacée joue par conséquent le rôle d'un enduit protecteur.



Fig. 190. — Coupe de la peau.

a, couche cornée; *b*, couche de Malpighi; *c*, derme; *e'*, glandes sudoripares; *c'*, graisse; *d*, muscle peaucier; *f*, glandes sébacées s'ouvrant dans le follicule pileux.

La peau a d'autres moyens de résister au refroidissement : les cellules de la face profonde du derme élaborent (comme c'est dit p. 160) des gouttelettes de graisse qui transforment peu à peu ces cellules en utricules pleins d'huile. La réunion d'un grand nombre de *cellules adipeuses* (*adeps*, graisse), grâce à un feutrage de fibres conjonctives, forme des *lobules* qui remplissent la couche profonde de la peau. Leur ensemble constitue le *pannicule adipeux* (*panniculus*, morceau d'étoffe), qui chez les animaux, tels que le porc, acquiert une épaisseur notable. Notons qu'à la température de 37° cette graisse n'est pas solide, mais liquide comme de l'huile. Le pannicule adipeux atteint un développement colossal chez les mammifères qui vivent dans l'eau, milieu bon conducteur de la chaleur : les baleines, par exemple, possèdent dans la partie profonde de la peau un pannicule adipeux atteignant une épaisseur de 10 à 40 centimètres, selon les régions. Cette énorme quantité de graisse, ou *lard* est devenue l'objet de la convoitise de l'homme, qui chasse la baleine depuis le XIIe siècle et en tue aujourd'hui des centaines tous les ans.

En résumé, la couche cornée de l'épiderme, les poils, les glandes sébacées et quelquefois le pannicule adipeux, empêchent, dans une certaine mesure, la déperdition de la chaleur du corps et le refroidissement consécutif.

Glandes sudoripares. — Voyons maintenant comment la peau et ses dépendances peuvent s'opposer à l'élévation de la température du corps.

L'épiderme envoie dans le derme, outre les follicules pileux et les glandes sébacées, des bourgeons cylindriques, qui arrivent jusqu'à la limite profonde du derme et dans le pannicule adipeux. Le tube continuant à s'allonger à ce niveau, mais ne pénétrant pas plus profondément, s'enroule sur lui-même et forme un peloton : le *glomérule* de la *glande sudoripare*. Celle-ci se compose donc de deux parties (fig. 190 et 191) : 1° d'une partie pelotonnée, le *glomérule*; 2° d'un tube enroulé en spirale et traversant le derme : c'est le *conduit excréteur* (*c* et *f*). Celui-ci passe entre deux papilles dermiques et se continue avec un canal en spirale, qui est comme creusé à l'emporte-pièce entre les cellules épidermiques.

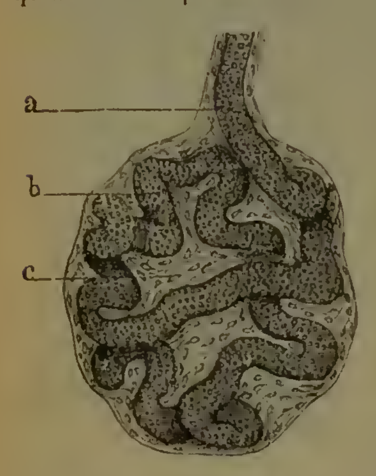


Fig. 191. — Glomérule d'une glande sudoripare (grossi).

a, commencement du conduit excréteur; *b*, conduit excréteur; *c*, trame conjonctive du glomérule.

Enfin, il s'ouvre sur la couche cornée par un trou, qu'on a pris tour à tour pour un pore exhalant ou absorbant.

Ce n'est que vers 1833 qu'on a découvert les glandes sudoripares, dont les conduits excréteurs n'ont que 2 centièmes de millimètre d'épaisseur et leurs glomérules une grosseur moyenne de 1 dixième de millimètre. Malgré ces faibles dimensions, elles atteignent par leur nombre une importance notable ; sur 1 centimètre carré de peau, on compte 120 glandes sudoripares en moyenne, ce qui fait, pour toute la surface de la peau, 2 millions de ces glandes. On a évalué qu'elles représentent ensemble le poids de l'un des reins.

La structure du canal excréteur est très simple : une double couche de cellules cylindriques, qui est entourée d'une membrane conjonctive.

Quant au glomérule, il est formé par un tube semblable, pelo-

tonné; la figure 191 montre un glomérule faiblement grossi et en partie déroulé. On voit que les circonvolutions du glomérule sont réunies par une gangue conjonctive qui loge un réseau capillaire extrêmement développé.

La figure 64 (p. 96) montre la richesse des anses vasculaires et l'étroitesse des mailles de ce réseau.

La structure du glomérule est celle d'un cul-de-sac glandulaire, c'est-à-dire une assise de cellules épithéliales. Celles-ci sont doublées en dehors par des cellules musculaires ayant un trajet spiral autour du canal sécréteur.

Ces glandes sécrètent la sueur, qui est liquide et renferme 990 parties d'eau, un peu de chlorure de sodium, des traces d'urée, des substances odorantes, etc.

Sueur. — La sueur est acide, comme l'urine et le suc gastrique. Il s'en forme par jour des quantités abondantes; même lorsque nous ne la voyons point apparaître sous forme de gouttelettes, il s'en dégage jusqu'à 500 grammes par jour, c'est-à-dire un demi-litre : c'est là ce qu'on désigne sous le nom de *transpiration insensible*. Pendant l'exercice ou les élévations de température, il s'en écoule de 300 à 400 grammes par heure.

La sueur produite par les glandes sudoripares s'évapore à la surface de la peau et détermine un effet réfrigérant. Pour sécréter la sueur, les cellules épithéliales des glandes sudoripares empruntent au sang des capillaires voisins les matériaux nécessaires. Elles se gorgent de ces principes, augmentent de volume et surtout de hauteur. Puis la partie libre de la cellule devient liquide et se résout en sueur, qui se rend par le canal excréteur à la surface de la peau.

Habituellement les vaisseaux sont dilatés et abondamment pourvus de sang lorsque les glandes sudoripares sécrètent. Cependant ces organes ne sont pas seulement des filtres servant au passage des principes de la sueur contenus dans le sang. Lorsqu'on ampute la patte abdominale d'un chat, et qu'on y supprime de ce fait toute circulation, il est possible d'y provoquer la sudation en excitant le bout périphérique du nerf sciatique. Les sueurs *froides* se produisent, de cette façon, en même temps que les vaisseaux sanguins sont rétrécis dans la région. Comme pour les autres glandes, la sécrétion de la sueur est sous l'influence du système nerveux et consiste dans un travail particulier des cellules glandulaires.

Rôle de la sueur. — La sueur joue un rôle des plus importants pour maintenir l'équilibre de la température.

La chaleur se produit dans l'organisme d'une façon continue,

Comment se fait-il, dans ces conditions, que la température de l'homme et des animaux supérieurs soit *constante* et ne dépasse pas un certain degré? Comment, d'autre part, peuvent-ils supporter des températures très élevées sans que leur propre température soit à peine modifiée?

Dès 1760, les observations et les expériences du médecin français Tillet montrèrent que l'homme, le chien, le lapin, etc., peuvent rester pendant plusieurs minutes dans un four de boulanger, dans une étuve *sèche* chauffée à 100° et davantage, sans qu'il en résulte des accidents fâcheux et sans que la température du corps s'élève.

L'Américain Benjamin Franklin avait depuis 1758 trouvé l'explication de cette résistance à la chaleur.

Il avait observé que les moissonneurs ne sont pas incommodés par les fortes chaleurs tant qu'ils transpirent, mais qu'ils succombent dès que la sueur s'arrête. Il attribua cette résistance à l'évaporation de la sueur. Si l'éventail, dit Franklin, est un moyen de refroidir la face, c'est que le renouvellement et l'agitation de l'air accélère l'*évaporation* de la sueur, qui *est une cause de refroidissement*. Dans l'air humide, l'homme et les animaux résistent beaucoup moins à la chaleur.

Aussi Lavoisier dès 1789 a-t-il résumé la constance de la chaleur animale en ces termes : « La machine animale est principalement gouvernée par trois régulateurs principaux : la *respiration*, qui consomme de l'hydrogène et du carbone et qui fournit du calorique; la *transpiration*, qui augmente ou diminue, suivant qu'il est nécessaire d'emporter plus ou moins du calorifique; enfin, la *digestion*, qui rend au sang ce qu'il perd par la respiration et la transpiration. »

Régulation de la chaleur. — Les causes qui produisent la chaleur étant continues, le corps aurait une température de plus en plus élevée s'il n'avait des moyens de refroidissement.

Chez les animaux à sang chaud, le maintien de la température à un certain degré est une des conditions de leur santé et même de leur existence. Il faut donc qu'ils puissent maintenir l'équilibre de leur température : 1° par la résistance au froid du milieu ambiant; 2° par le rayonnement de la chaleur quand la température du corps menace de s'élever.

Outre que l'homme échauffe les aliments qu'il ingère, il perd par jour, dans nos climats, une certaine quantité de chaleur à réchauffer l'air extérieur qu'il inspire.

Ce qui amène surtout un refroidissement considérable, ce sont l'évaporation pulmonaire et la transpiration cutanée.

Chacun sait que la vaporisation de l'eau est accompagnée d'une absorption de chaleur; les animaux peuvent être comparés à cet égard à ces vases de terre poreuse, dits *alcarazas*, dont on se sert dans le Midi pour avoir de l'eau fraiche. L'eau, suintant à travers les pores du vase, se vaporise au contact de l'air et emprunte la chaleur nécessaire au contenu, qui par conséquent se refroidit. La chaleur latente de l'eau est de 540, c'est-à-dire que 1 gramme d'eau absorbe pour se vaporiser autant de chaleur qu'il en faut pour élever 540 grammes d'eau de 1°.

L'homme perd par jour de 500 à 600 grammes de vapeur d'eau, qu'il exhale avec l'air expiré; d'où une perte de chaleur assez notable. Mais certains mammifères, tels que le chien, sont particulièrement favorisés à cet égard. Tout le monde a remarqué que les chiens, dès qu'ils sont soumis à l'une des causes tendant à élever la température du corps, accélèrent leur respiration, qui devient haletante. Les chiens ne transpirant guère, le refroidissement de leur organisme est dû à une respiration plus active : ils vaporisent ainsi une quantité considérable d'eau pendant que le sang traverse le poumon.

Chez l'homme et la plupart des mammifères, le maintien de la température constante du corps se fait essentiellement *par la peau et ses dépendances*.

TERMINAISONS NERVEUSES

Terminaisons des nerfs dans les muscles. — Dès la découverte des fonctions des racines ventrales des nerfs rachidiens, on s'occupa de poursuivre leurs rameaux nerveux et de savoir comment ils se terminent dans les muscles. On les voyait, près des faisceaux musculaires, se diviser en filets de plus en plus ténus, qui s'anastomosaient entre eux pour constituer un plexus. Aussi pensa-t-on que les nerfs se recourbaient en anses, pour revenir à leur point de départ, c'est-à-dire au système nerveux central. En 1840, le Français Doyère, en examinant par transparence des animaux inférieurs (*tardigrades*), constata qu'à l'endroit où la fibre nerveuse arrive sur le muscle, celui-ci présente une saillie, *colline* ou *éminence de Doyère*, où va se perdre le filet nerveux.

Plus tard le médecin français Rouget (1862) et le médecin allemand Krause (1863) découvrirent des saillies semblables sur les muscles des vertébrés et leur donnèrent le nom de *plaques motrices* (fig. 192).

Celles-ci sont situées sous le sarcolemme, c'est-à-dire en contact intime avec la substance musculaire ; elles sont formées d'une substance granuleuse et parsemée de nombreux noyaux. En arrivant près du muscle, le nerf se débarrasse de sa gaine de Schwann, qui se continue avec le sarcolemme, et il perd en même temps sa gaine de myéline.

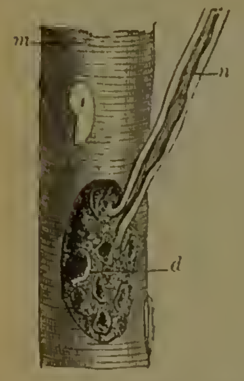


Fig. 192. — Éminence de Doyère (*d*) avec le nerf (*n*) qui s'y épanouit ; *m*, fibre musculaire.

Il se réduit donc à son cylindre-axe. Celui-ci représente un prolongement de Deiters, indivis depuis l'axe central jusqu'au muscle : en pénétrant dans l'*éminence de Doyère*, le cylindre-axe se ramifie en un bouquet ou en une arborisation, dont les branches se terminent par des bouts renflés ou boutons.

Quant au mode de terminaison des nerfs dans les muscles lisses (tunique musculaire de l'intestin, des vaisseaux, etc.), il est plus simple encore, puisque les fibrilles nerveuses, en arrivant sur la cellule musculaire, se terminent chacune par un petit renflement ou bouton terminal.

Action du curare. — Une expérience remarquable de Claude Bernard montre le rôle que joue l'éminence de Doyère, qui est l'organe intermédiaire entre les nerfs moteurs et les muscles. Il a employé à cet effet un poison, appelé *curare*, dont les Indiens de l'Amérique du Sud se servent pour empoisonner leurs flèches. On pose une ligature dans la région lombaire d'une grenouille, de façon à séparer l'animal en ses deux trains. Toutefois on a soin de laisser le train abdominal en communication avec le thoracique par les deux nerfs sciatiques. Si, sur une grenouille ainsi préparée, on injecte du curare dans le train thoracique, tous les mouvements volontaires sont abolis dans les pattes thoraciques. Mais les nerfs sensitifs de ces pattes ne sont pas atteints : il suffit de pincer la peau de ces mêmes pattes pour voir les pattes abdominales exécuter des mouvements défensifs. Les nerfs sensitifs des pattes thoraciques conduisent l'irritation aux centres nerveux, et sous l'influence de la douleur le train abdominal fait des mouvements de fuite. Les muscles du train thoracique ne sont pas atteints davantage, car on y peut produire des contractions en portant des excitations sur les muscles eux-mêmes.

Les nerfs moteurs qui vont animer les fibres musculaires lisses (tunique intestinale, vasculaire) et le muscle cardiaque se terminent par des filets qui se dilatent en un bouton terminal en

contact direct avec la substance musculaire. En d'autres termes, il n'y a pas d'*éminence de Doyère* servant d'intermédiaire.

Aussi, en empoisonnant un animal par le curare, voit-on les mouvements volontaires disparaître, tandis que le cœur, en particulier, continue à battre, car le curare n'atteint et ne paralyse que les éminences de Doyère.

Les nerfs déterminent la nature volontaire ou involontaire du muscle. — Ce n'est pas la nature striée ou lisse qui donne le caractère volontaire ou involontaire au muscle. Les animaux, tels que les mollusques (escargot, huître), ont les muscles servant à la locomotion, et par suite soumis à la volonté, de nature lisse. D'autres, tels que les insectes (hanneton, papillon), ont une tunique intestinale formée de fibres striées, et pourtant soustraites à l'empire de la volonté. Les muscles du cœur, du pharynx, etc., sont dans le même cas chez les vertébrés, l'homme y compris. Comme l'a montré M. Ranvier, les muscles obéissent à la volonté quand les nerfs qui les animent ne présentent point sur leur trajet d'amas de cellules nerveuses (ganglions). Au contraire, les nerfs qui vont aux viscères (tube digestif, cœur) sont parsemés de ganglions, et les muscles dans lesquels les filets nerveux se terminent, sont, du fait de l'annexion de cellules aux fibres nerveuses, soustraits à l'empire de la volonté.

Terminaisons des nerfs dans la peau et les muqueuses. — Les filets nerveux des racines dorsales vont s'épanouir dans les membranes tégumentaires et dans la plupart des tissus pour mettre ces organes en relation avec les centres nerveux.

Les nerfs qui vont à la peau sont donc, de par leur origine, des filets sensitifs. Ces nerfs se ramifient en plexus dans le tissu sous-cutané et à la face profonde du derme. De ces plexus partent d'autres filets qui constituent un second plexus dans l'épaisseur du derme. Ces deux plexus émettent des fibres nerveuses qui vont se terminer dans les organes.

Corpuscules de Vater. — Le mode de terminaison de ces fibres est variable. Déjà en 1741 le médecin allemand Vater, en disséquant les nerfs, aperçut des corpuscules oviformes d'un blanc transparent, appendus par un mince pédicule aux filets nerveux (fig. 193). Ils sont visibles à l'œil nu, puisqu'ils ont 2 à 3 millimètres sur les nerfs collatéraux des doigts. Le médecin italien Pacini les étudia en 1830 au microscope. Aussi les désigne-t-on sous le nom de *corpuscules de Vater* ou *de Pacini*. Comme on le voit, ils sont situés profondément dans le tissu cellulaire sous-cutané; l'index et le médius en possèdent chacun une centaine, les autres doigts un peu moins.

Les corpuscules de Vater se rencontrent sur bien d'autres régions du corps : le mésentère du chat est un lieu de choix pour les étudier. On en a trouvé chez l'homme : 1° le long des nerfs des articulations (les articulations du membre thoracique en ont plus de 500); 2° sur les nerfs du périoste et de l'os; 3° sur les nerfs des muscles et des cloisons conjonctives intermusculaires; 4° sur les nerfs intercostaux. Le médecin italien Golgi en a vu de fort petits à l'union des muscles et de leurs tendons.

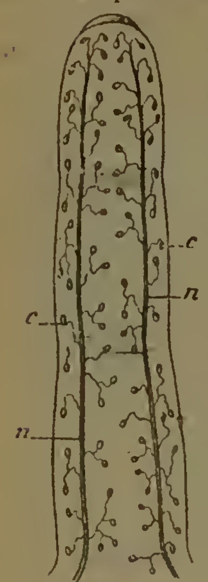


Fig. 193. — Nerfs collatéraux d'un doigt (*nn*) avec les corpuscules de Vater (*cc*).

Les oiseaux en ont sur le bec et la langue, comme l'a montré Herbst dès 1848 (*corpuscules de Herbst*).

Corpuscules du tact. — Un second appareil terminal des nerfs cutanés se trouve surtout dans les régions de la peau dépourvues de poils (paume de la main et des doigts et plante du pied et des orteils). Ils sont bien plus petits que les corpuscules de Vater : ils n'ont qu'un dixième de millimètre en moyenne; aussi ne les a-t-on vus que grâce à l'emploi du microscope. C'est le médecin allemand Meissner qui les a découverts dans les papilles de la peau où ils siègent presque exclusivement. Aussi les appelle-t-on indifféremment *corpuscules de Meissner* ou *corpuscules du tact*. Sur le côté palmaire de la phalange unguéale, on compte 100 papilles environ par millimètre carré, et 25 de ces papilles possèdent des corpuscules de Meissner. Ceux-ci deviennent plus rares si l'on remonte vers le poignet (fig. 184).



Fig. 194. — Papille d'un doigt avec un corpuscule du tact (grossie).

a, corps de la papille; *bb*, corpuscule du tact; *c*, nerf qui y arrive et qui monte en serpentant dans le corpuscule en *d* et *e*.

Chez les animaux, le médecin belge Grandry a découvert, en 1869, des corpuscules du tact fort simples dans le tissu conjonctif du bec et de la langue du canard (fig. 196).

Terminaisons intra-épidermiques. — Outre ces terminaisons dans le tissu conjonctif du derme et des tissus sous-jacents, les nerfs présentent des terminaisons au milieu des cellules de l'épiderme (voir fig. 207, en *t*). Ce n'est qu'en 1868 qu'on a soupçonné leur existence. Pour les voir, il faut se servir du chlorure d'or, qui colore les fibrilles nerveuses en violet. Dans ces conditions, on voit les filets nerveux arriver à la surface du derme et aller se répandre dans l'intervalle des cellules épithéliales de la couche de Malpighi. Là les filets nerveux se ramifient en forme de lierre et se terminent par des extrémités convexes du côté du derme et concaves du côté opposé (*ménisques tactiles*).

Le groin du porc et le museau de la taupe, qui sont des appareils tactiles très délicats, possèdent dans leur épiderme de très beaux ménisques tactiles.

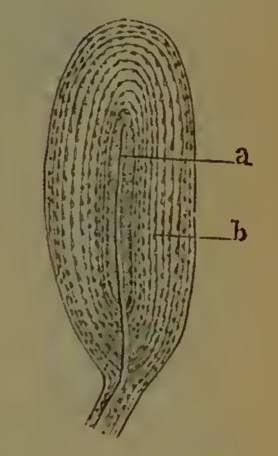


Fig. 195. — Corpuscule de Vater.

a, cavité centrale en forme de massue, où l'on voit la terminaison du nerf; *b*, capsule périphérique formée de lamelles emboîtées (grossie).

Structure des organes terminaux. — La structure des ménisques tactiles est simple. Les nerfs intra-épidermiques sont réduits à leur cylindre-axe et le renflement qui termine les ramifications est un bouton annexé au filet nerveux.

Quant au *corpuscule de Vater*, il comprend (fig. 195) : 1° une cavité centrale, remplie d'un liquide albumineux, dans laquelle vient se terminer le cylindre-axe par un renflement unique (*a*) ou par une arborisation terminale; 2° une capsule périphérique, formée d'une série de couches emboîtées de lamelles conjonctives (*b*).

Pour ce qui concerne les *corpuscules de Meissner* (*intra-papillaires*), le type le plus simple est celui qu'on trouve dans le bec du canard; il présente les parties suivantes (fig. 196) : 1° un cylindre-axe qui se termine en se renflant en un *disque*, dit *tactile* (*d*); 2° ce disque tactile est interposé entre deux cellules conjonctives dont les faces en regard sont excavées (*s*) : on les appelle *cellules de soutien*; 3° une enveloppe conjonctive entoure le tout.

Pendant longtemps on a cru que les corpuscules de Meissner de l'homme et des mammifères avaient une structure bien différente; il semblait, et c'est là l'interprétation qui est figurée (fig. 194), que la fibre nerveuse, en arrivant au corpuscule, s'enroulait autour de

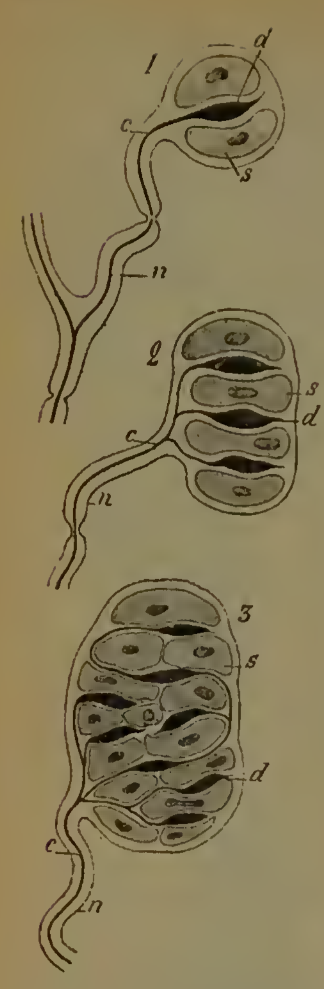


Fig. 196. — Corpuscules du tact (très grossis) (bec et langue de canard), d'après le cours de M. Duval.

n. nerf à myéline; *c*. cylindre-axe; *s*. cellules de soutien; *d*. disque tactile. — 1. corpuscule avec terminaison unique du nerf. — 2. le nerf se divise en trois disques. — 3. le nerf se divise en nombreux disques.

cet organe ovoïde, et montait pour s'épanouir ensuite et former la masse interne du corpuscule. C'est l'aspect de la fibre nerveuse qui produit cette illusion; en réalité, le corpuscule de Meissner est construit sur le même modèle que celui du bec du canard, c'est-à-dire qu'il est formé de disques tactiles et des cellules de soutien. Seulement, ces deux sortes de formations sont (fig. 196) disposées en rangées nombreuses et le cylindre-axe donne des rameaux à chacun des disques placés entre deux cellules de soutien voisines (2 et 3).

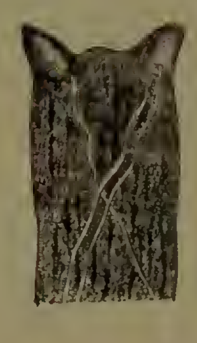




Fig. 197. — Papilles d'une muqueuse avec les corpuscules du tact, dits de Krause (grossies).

Corpuscules de Krause. — Jusqu'ici je n'ai parlé que de la peau. Mais dès 1858 le médecin allemand W. Krause soumit à l'examen microscopique les membranes muqueuses, telles que la région respiratoire de la pituitaire, la conjonctive, la langue (papilles filiformes), la muqueuse de la bouche et des lèvres, etc. Il y trouva des organes terminaux, que l'on désigne depuis cette époque par le nom de *corpuscules de Krause* (fig. 197). Ce sont des formations dont les unes ont la structure des corpuscules de Vater, bien que de dimen-

sions fort petites, et les autres celle des corpuscules de Meissner.

Ajoutons que les terminaisons intra-épithéliales se font sur les muqueuses précédentes comme sur l'épiderme; l'épithélium de la face antérieure de la cornée est même le lieu de prédilection pour leur étude (fig. 207).

Les nerfs arrivent aussi dans les annexes de la peau, telles que les poils, dont nous connaissons la structure (p. 297) : ils s'y terminent, entre la gaine externe et l'enveloppe conjonctive, par des extrémités élargies et aplaties. Dans certains poils même, tels que ceux de la moustache du chat, du lapin, etc., connus sous le nom de *poils tactiles*, la terminaison des filets nerveux se fait par de *véritables ménisques tactiles*.

Diverses espèces de sensations fournies par la peau et les muqueuses. — Quel est le rôle de ces trois espèces de terminaisons? « Lorsque, les yeux fermés, on promène la main sur une pièce de monnaie placée sur une table, il est facile de se rendre compte des sensations différentes successivement perçues; d'abord, et c'est le fait le plus saillant, il y a une sensation de *contact* produite par l'effigie. Si la pièce est posée sur la main, le *poids* sera apprécié; si enfin la pièce est chauffée, l'augmentation de *température* pourra être perçue. Il y a donc très incontestablement trois espèces de sensations à la surface de la peau, et ces sensations ne se confondent pas entre elles : *contact*, *poids*, *température* (M. Duval). »

Les nerfs des organes terminaux ont même structure, mais ont-ils même fonction? Sont-ce des fils télégraphiques qui transmettent indifféremment les bonnes ou mauvaises nouvelles? Ou bien chaque mode de terminaison est-il le point de départ d'une sensation spéciale, transmise par un fil particulier?

Tact. — Nous avons l'habitude de nous servir de la pulpe des doigts, des lèvres, de la langue, pour juger de la forme des objets, parce que c'est dans ces organes que la sensibilité tactile est le plus développée. Or nous venons de voir que c'est dans les papilles de ces régions qu'il existe le plus de *corpuscules de Meissner*; il est donc infiniment probable que ce sont là les organes du tact.

Température. — La sensation de température se fait par toute la surface du corps. Cependant chacun sait qu'il y a des régions privilégiées : telles sont les paupières, la peau de la pommette, le dos de la main.

Pour apprécier la chaleur du corps, le médecin, en l'absence de thermomètre, se sert du dos de la main, et non de la paume. Tout le monde sait que c'est dans un but analogue que les repas-

senses approchent le fer chaud de la pommette. Comme dans ces régions à épiderme mince les terminaisons intra-épidermiques prédominent, nous pouvons admettre avec raison que les ramifications intra-épidermiques conduisent les impressions de température.

Pression. — Enfin la sensibilité à la *pression* est très développée dans toutes les régions où nous avons trouvé des corpuscules de Vater : dans les articulations, dont nous apprécions les déplacements les plus légers, dans le mésentère, etc. Les corpuscules de Vater président donc vraisemblablement aux sensations de *pression*.

Bien que ces localisations anatomiques ne soient pas hors conteste, il semble que chaque espèce de terminaison nerveuse soit en rapport avec une sensation spéciale, comme dans les autres organes des sens.

Douleur. — L'exagération de l'une des sensibilités précédentes produit la douleur; mais celle-ci paraît à certains égards être indépendante des sensations de contact, de température et de pression. Certains faits semblent indiquer que la douleur se transmet par des filets nerveux conducteurs spéciaux. Qu'il me suffise de dire que, dans certaines maladies nerveuses, la peau est tellement insensible à la douleur, qu'on peut la traverser avec une aiguille sans que la personne accuse de la douleur, et cependant cette même personne sent parfaitement au même endroit le contact d'une barbe de plume. Dans le sommeil produit par le chloroforme, l'individu sent, pendant l'opération, le contact du couteau, mais il n'éprouve aucune douleur.

Organes conducteurs pour chaque espèce de sensations. — Ces différentes sortes de sensations paraissent donc avoir des organes terminaux particuliers et passer par des filets nerveux différents.

Plusieurs observateurs, entre autres MM. Magnus Blix, Goldscheider et Donaldson, ont, ces dernières années, apporté un grand nombre de faits à l'appui de cette manière de voir. Je me contente de citer les suivants : Si l'on excite de la même façon divers points de la peau, on obtient, dans les uns, des sensations de chaud; dans les autres, des sensations de froid; dans d'autres encore, des sensations tactiles; dans d'autres enfin, des sensations douloureuses. On a pu ainsi tracer la carte des *régions thermiques*, et on a constaté que les points sensibles au froid sont plus nombreux que les points sensibles au chaud.

L'application du camphre de menthe, ou menthol, donne lieu sur le front à une sensation de froid; mais sur le coude et au poignet elle produit une sensation de chaud. L'action de la cocaïne sur

l'œil détermine la disparition de la sensibilité à la douleur, mais l'œil cocaïné reste sensible au chaud et au froid.

Pour apprécier la finesse du toucher dans les diverses régions du corps, on se sert d'un instrument qui a la forme d'un compas. Les deux pointes du compas, éloignées de 1 millimètre sur la pointe de la langue, donnent lieu à deux sensations distinctes; à la pulpe des doigts, il faut les éloigner de 2 millimètres; à la paume de la main, de 3 millimètres; sur le dos de la main, de 4 millimètres. Par contre, au milieu du dos, les deux pointes écartées de 5 centimètres donnent une sensation unique. Ces faits montrent que la sensibilité va en décroissant des extrémités libres des membres vers la racine, et que le tronc est beaucoup moins sensible que les membres.



Fig. 198.

Nous avons l'habitude de localiser les sensations dans les régions où elles se produisent d'une façon constante. C'est là l'explication des illusions tactiles, bien connues des anciens philosophes, qui se méfiaient des impressions fournies par les sens. Aristote nous a laissé une expérience des plus curieuses à cet égard. Si nous faisons rouler sur elle-même une boule *unique* entre les bords correspondants de l'index et du médius, nous avons la sensation d'un corps *unique* touchant les deux doigts. Mais si, croisant l'index et le médius (fig. 198), nous roulons la boule entre les bords de l'index et du médius habituellement éloignés, nous avons la sensation de *deux* boules, dont chacune roulerait en contact avec l'un des deux doigts.

Un des caractères des sensations tactiles, c'est la tendance que nous avons à les rapporter à la surface du corps, même quand l'excitation du nerf se produit sur un point plus central. L'exemple des amputés de la cuisse qui ont *froid au pied absent* est bien connu.

Ongles. — Chez l'homme, l'extrémité dorsale des doigts et des orteils présente une *plaque cornée*, qu'on appelle *ongle*.

Dans un âge très jeune, les doigts sont entourés par le même revêtement cutané que le reste du corps. Plus tard, l'épiderme

forme sur la face dorsale de la dernière phalange un épaississement très large qui pénètre en nappe dans le derme, de sorte que sur une section il figure un bourgeon (fig. 199, *b*). Au delà de ce bourgeon se trouve le champ occupé ultérieurement par l'ongle, c'est le *lit unguéal* (*l*), et, en deçà et sur les côtés, on observe un soulèvement de la peau qui porte le nom de *repli sus-unguéal* (*r*). Pour édifier l'ongle, les cellules épithéliales du bourgeon *b* deviennent plus denses, plus solides, *cornées* comme celles du poil. En s'accolant intimement, elles s'avancent sur le lit unguéal et constituent une lame dure et demi-transparente (*o*). L'ongle s'accroît surtout par la partie recouverte par le repli sus-unguéal et qu'on appelle sa *racine*. Bientôt l'extrémité libre déborde le lit unguéal

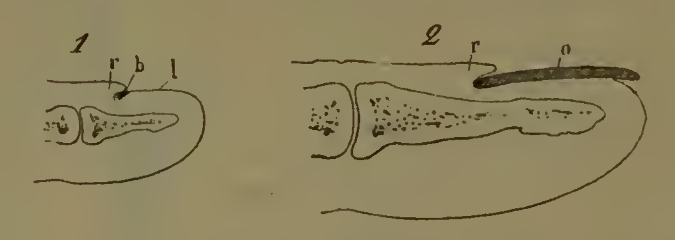


Fig. 199. — Coupes du bout des doigts.

1, *formation de l'ongle* : *b*, bourgeon unguéal ; *r*, repli sus-unguéal *l*, lit de l'ongle de l'adulte ; 2, *o*, ongle ; *r*, repli sus-unguéal.

au bout des doigts et peut acquérir, si on ne la coupe, une longueur notable, comme on l'observe chez certains individus.

Griffes. — La plupart des singes possèdent des ongles plats, comme l'homme. Les mammifères à doigts libres et mobiles, tels que les carnassiers et les rongeurs, ont des lames cornées qui revêtent non seulement la face dorsale, mais encore les parties latérales de la phalange unguéale ; on leur donne le nom de *griffes*. L'origine et la structure des griffes sont les mêmes que celles de l'ongle. Chez le chat, le lion, le tigre, etc., la première phalange est, à l'état de repos, relevée sur la seconde phalange par un ligament élastique très puissant (fig. 200, *l*). Lorsque l'animal est en marche, la phalange unguéale ne touche pas le sol, et la griffe, cachée sous la pulpe du doigt, n'est pas exposée au frottement et à l'usure. Son extrémité libre reste tranchante et acérée, mais l'animal peut, par l'action de ses muscles fléchisseurs, faire saillir à volonté ses griffes. L'élasticité du ligament dorsal suffit pour ramener la griffe au repos, c'est-à-dire dans sa position primitive (*griffes rétractiles*), dès que les fléchisseurs ont cessé d'agir.

Les mammifères pourvus d'ongles ou de griffes sont dits *onguiculés* (*unguis*, ongle). L'homme ne se sert guère de ses ongles comme moyen d'attaque ou de défense. Chez lui, comme chez la plupart des singes, le rôle des ongles se borne à protéger le bout des doigts et à perfectionner le sens du tact. L'ongle, par sa résistance, devient le soutien de la pulpe des doigts lorsque nous les appliquons, dans le toucher avec la main, sur les objets dont nous voulons apprécier la forme. Grâce à l'opposition du pouce, grâce surtout à la mobilité des rayons digitaux et à l'appui que les ongles prêtent au tact, la main devient ainsi l'organe du toucher le plus perfectionné.

Chez les autres mammifères onguiculés, les uns, qui ont les

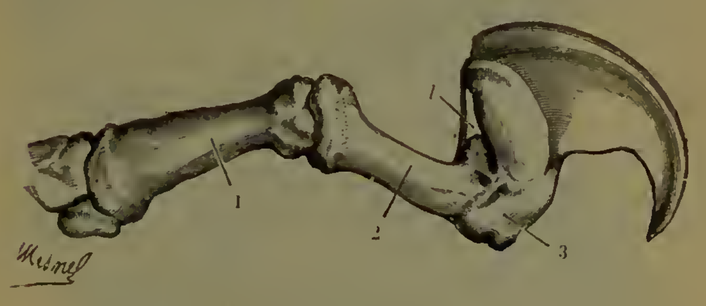


Fig. 200. — Griffe rétractile du Lion.

1re, 2e, 3e phalanges; *l*, ligament élastique, qui relève la 3e phalange, et avec elle la griffe, quand le muscle fléchisseur n'est pas contracté.

griffes rétractiles, s'en servent pour arrêter, saisir et déchirer leur proie (lion, chat), les autres en usent pour grimper aux arbres (écureuil) ; d'autres encore, qui ont des griffes larges et épaisses, les emploient pour fouir ou pour creuser des terriers (lapins), ou bien encore pour chercher leur nourriture (taupes).

Sabots. — Un second groupe de mammifères a la dernière phalange garnie de toutes parts par une épaisse production cornée, le *sabot*. Ce sont les *ongulés* (*ungula*, onglon ou sabot), qui comprennent le porc, le bœuf, le cheval, etc. Ici les membres ne servent plus guère que de colonnes de soutien. Mais le pied des animaux ongulés, malgré cette enveloppe cornée, n'en est pas moins pour eux un organe tactile. Outre la corne, le sabot est constitué par un derme hérissé de longues papilles où viennent s'épanouir de nombreux filets nerveux.

L'animal, en marchant, s'en sert pour explorer le sol, pour apprécier sa consistance et les inégalités de sa surface. C'est grâce à cette extrême sensibilité que le cheval, par exemple, guide sa

marche et régularise son allure. La nuit, ou après la perte de sa vue, le cheval peut suppléer à ses yeux absents par la sensibilité de ses pieds.

ORGANE DE L'ODORAT

L'air inspiré, en traversant le nez, transporte avec lui des particules des corps dites *odorantes*, lesquelles déterminent, par leur contact avec la muqueuse, certaines sensations appelées *odeurs*.

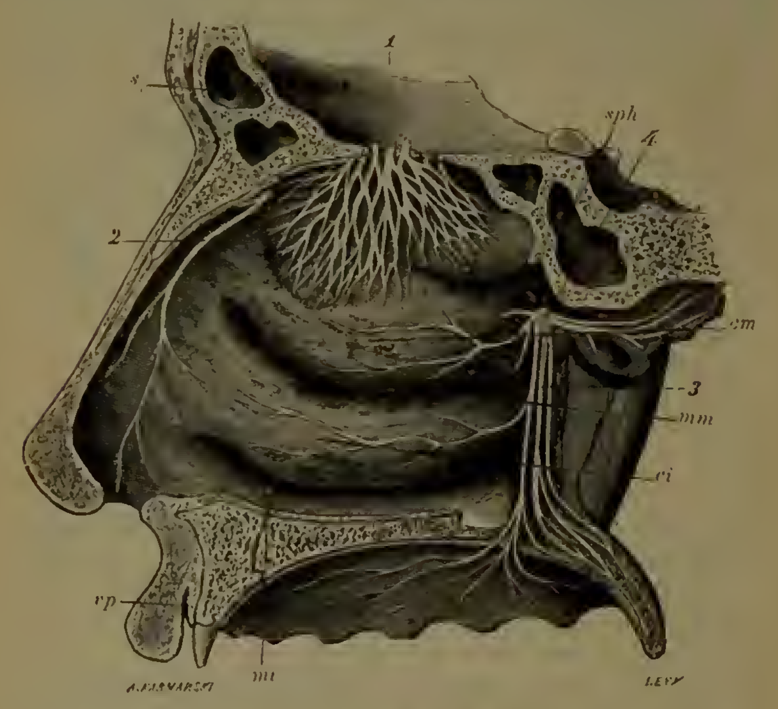


Fig. 201. — Fosse nasale droite (face externe) montrant les trois cornets et méats.

1, plexus du nerf olfactif; 2, rameau nasal (du trijumeau); 3, nerfs palatins; 4, ganglion sphéno-palatin; 5, rameau postérieur de ce ganglion; *cm*, cornet moyen; *ci*, cornet inférieur; *mm*, méat moyen; *mi*, méat inférieur; *vp*, voûte palatine; *sf*, sinus frontal; *sph*, sinus sphénoïdal.

Nez. — L'homme est un des rares mammifères pourvus d'un nez élevé et proéminent. Le singe *nasique* a néanmoins un appendice nasal plus développé encore que celui de l'homme. Cet organe a la forme d'une pyramide à base inférieure et à sommet ou racine se continuant avec le front. Sa charpente est formée, du côté de

la racine, par des os, et à la base par des cartilages. Ce sont surtout ces derniers qui impriment à cet appendice une forme variable à l'infini et donnant une physionomie toute spéciale à l'individu.

Fosses nasales. — La charpente osseuse du nez est constituée : 1° sur les parties latérales surtout, par un prolongement du maxillaire supérieur (*apophyse montante, c*), et complétée en haut

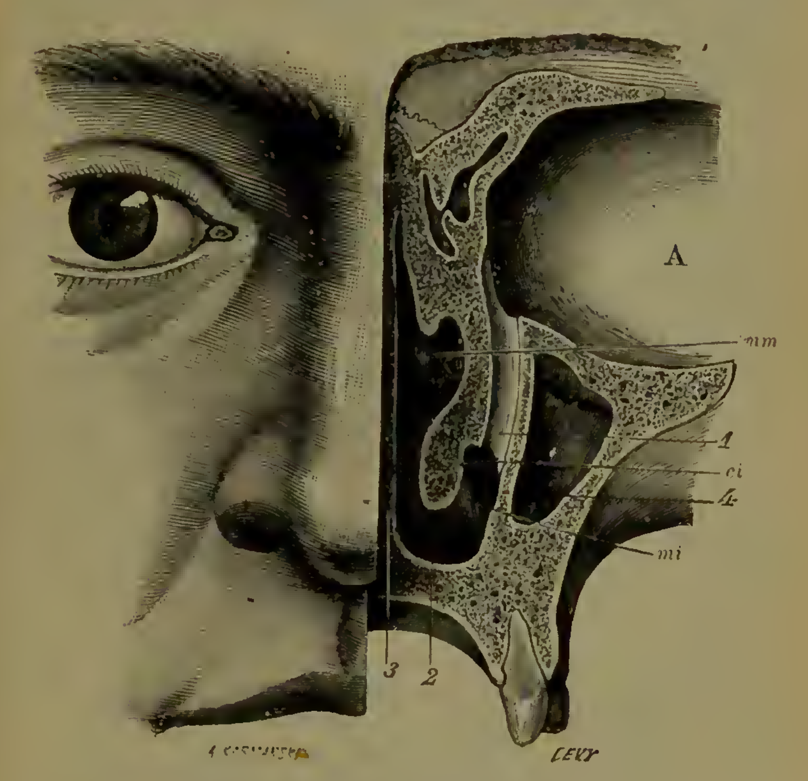


Fig. 202. — Coupe de la face du côté gauche.

A, orbite ; 1, canal lacrymal ; 2, fosses nasales ; 3, cloison des fosses nasales ; 4, sinus maxillaire ; *mm*, méat moyen ; *mi*, méat inférieur ; *ci*, cornet inférieur.

par les masses latérales de l'ethmoïde (fig. 108) ; 2° en haut, par les *os propres* du nez (1 *a*) et la partie moyenne de l'os ethmoïde, *lame criblée* de trous pour le passage des filets du premier nerf crânien (d'où le nom de cet os, *ethmos*, crible) (fig. 201).

Le plancher de la cavité nasale est constitué par la voûte palatine, qui la sépare de la bouche (fig. 201, *vp*).

La cavité du nez est divisée en deux couloirs (*fosses nasales*),

par une cloison médiane et verticale qui s'étend de la lame criblée de l'ethmoïde à la voûte palatine (202, 3).

La charpente du nez est complétée, du côté de la base, par des cartilages qui soutiennent d'une part les ailes du nez et qui, d'autre part, prolongent en avant la cloison médiane des fosses nasales.

Ce squelette, souple et élastique, de la pointe du nez prévient les fractures de cette portion saillante, et exposée, par suite, à de nombreuses lésions.

Les fosses nasales s'ouvrent à l'extérieur par deux orifices, les *narines*, et en arrière par deux autres orifices dans la portion nasale du pharynx (fig. 201).

Chaque fosse nasale a ainsi quatre parois : une supérieure et une inférieure, que nous connaissons ; une interne, formée par la cloison médiane, et enfin une externe, qui est très accidentée. En effet (fig. 202), les masses latérales de l'ethmoïde envoient par leur face interne, dans l'intérieur des fosses nasales, deux lamelles osseuses enroulées en volute : ce sont les *cornets supérieurs* et *moyens*. La figure 201 montre de profil l'aspect de ces cornets.

Au-dessous du cornet moyen, il y en a un troisième (fig. 202, *ci*), le *cornet inférieur*, qui est un os spécial fixé sur le maxillaire supérieur. Par leur face externe concave, ces cornets circonscrivent, avec les parois externes des fosses nasales, des espaces appelés *méats* (fig. 201) (méats *supérieur*, *moyen* et *inférieur*). C'est dans le méat inférieur que vient s'ouvrir en avant le *canal nasal* (202, 1).

Ajoutons que les os avoisinant et limitant les fosses nasales sont creusés de cavités appelées *sinus*, communiquant avec les fosses nasales : sinus maxillaire, cellules ou sinus ethmoïdaux, sinus frontal et sphénoïdal. La muqueuse des fosses nasales se prolonge dans l'intérieur de ces sinus, qui semblent alléger notablement le poids des os de la face et du crâne (fig. 201 et 202).

Pituitaire. — Les anciens croyaient que le corps pituitaire (fig. 201), situé dans le crâne, au-dessous du cerveau, sécrétait l'humeur qui humecte les fosses nasales, c'est-à-dire la *morve* ou *pituite*. Le médecin allemand Schneider donna, le premier, vers le milieu du XVIIe siècle, une bonne description de la membrane qui tapisse les fosses nasales et qui sécrète la pituite : d'où son nom de *pituitaire* ou de *membrane de Schneider*.

La pituitaire présente deux régions différentes par leur aspect et leur structure : 1° l'une antérieure et inférieure, qui est rouge violacé : c'est la *région respiratoire*, qui s'étend sur le méat inférieur, le cornet inférieur et le méat moyen ; 2° l'autre supérieure, d'aspect jaunâtre : c'est la région jaune ou *olfactive*. Le domaine

de cette dernière ne comprend que la voûte, le cornet supérieur, le méat supérieur et le cornet moyen, ainsi que les parties correspondantes de la cloison des fosses nasales.

L'entrée des narines ou vestibule des fosses nasales est revêtue par un prolongement de la peau : on y trouve de gros poils (vibrisses) avec glandes sébacées ; ils semblent servir à arrêter la poussière dont est chargé l'air inspiré.

Région respiratoire. — La muqueuse de la *région respiratoire* est en contact immédiat avec le périoste ou le périchondre de la charpente ; son chorion est lisse et revêtu d'un épithélium semblable à celui de la trachée et des grosses bronches ; ses cellules superficielles sont cylindriques, munies de cils vibratiles, dont le mouvement dirige le courant en arrière vers le pharynx. De nombreuses glandes en grappe se trouvent annexées à la muqueuse.

Cette muqueuse est remarquable par son exquise sensibilité et par le développement considérable des vaisseaux sanguins : les veines et les capillaires sont, en effet, très larges et forment des réseaux abondants, de véritables cavernes remplies de sang. La nappe sanguine placée sur le passage de l'air inspiré semble avoir pour rôle de le réchauffer.

Les hémorragies si fréquentes dont cette muqueuse est le siège, s'expliquent aisément par l'abondance et la richesse de ces vaisseaux sanguins.



Fig. 205. — Épithélium de la région olfactive (salamandre), d'après M. Ranvier.

e, cellules cylindriques ; *s*, cellule olfactive ; *p*, son extrémité libre avec son cil (*c*).

Région olfactive. — Quant à la muqueuse de la *région olfactive*, son épithélium est deux fois plus épais que le précédent. Des glandes en tube semblent, chez les vertébrés, remplacer les glandes en grappe de la région respiratoire. Cette région doit sa coloration jaune à la présence d'un pigment qui infiltre les glandes et la couche profonde de l'épithélium superficiel.

L'épithélium de la région olfactive est formé, chez l'homme comme chez les autres vertébrés, de deux couches : 1° une couche profonde présentant des cellules anastomosées en réseau, et 2° une couche superficielle constituée par des éléments allongés ; ceux-ci

sont de deux sortes : les uns représentent des cellules cylindriques (fig. 205, *c*), dont l'extrémité profonde est munie de prolongements ramifiés, tandis que l'extrémité superficielle manque de cils vibratiles. Ce sont des cellules épithéliales ordinaires ou de soutien. Les autres (fig. 205, *s*) sont ovoïdes ; ils ont un corps cellulaire et un noyau situé plus profondément que les cellules précédentes (*e*). Elles sont pourvues de deux prolongements filiformes : l'un, profond, se continue avec les filets variqueux du nerf olfactif ; l'autre, superficiel, est interposé entre les cellules de soutien ; il est pourvu d'un *cil* ou d'un *bouquet de cils olfactifs* (*c*).

Nerfs des fosses nasales. — Voyons les nerfs qui arrivent aux fosses nasales.

Le bulbe olfactif repose sur la face supérieure de la lame criblée de l'ethmoïde et donne une série de filets nerveux qui traversent les trous de cet os et vont (fig. 201) se distribuer d'une part à la paroi externe, d'autre part à la paroi interne de la région olfactive. Là ils arrivent, nous venons de le voir, à la face profonde de l'épithélium et vont se terminer dans le prolongement profond des cellules olfactives.

La muqueuse pituitaire reçoit, en outre, de nombreux rameaux du trijumeau : 1° par le nerf ophtalmique de Willis (2) ; 2° par le nerf maxillaire supérieur. Les rameaux fournis par ce dernier nerf traversent d'abord un ganglion (ganglion sphéno-palatin, 4) ; de là ils vont se rendre, les uns (5), à la paroi externe des fosses nasales, les autres à la cloison du nez.

Quelles sont les fonctions des nerfs qui se terminent dans la muqueuse pituitaire ? Les anciens croyaient, avec Galien, que les nerfs olfactifs traversant les orifices de la lame criblée de l'ethmoïde servaient à débarrasser le cerveau de l'humeur qui l'encombrait, la *pituite*. De là encore l'opinion vulgaire que le *rhume de cerveau* est un écoulement de liquide cérébral. Le médecin italien Scarpa a réfuté cette erreur à la fin du XVIIIe siècle seulement. Magendie, au commencement de ce siècle, coupa le nerf olfactif sur un animal, puis il approcha de ses narines un flacon d'ammoniaque ; le voyant prendre la fuite, il attribua au trijumeau la sensibilité olfactive. Mais le médecin Eschricht a montré plus tard que les vapeurs caustiques de l'ammoniaque, approchées du train abdominal d'une grenouille, irritent également sa peau et provoquent sa fuite.

Usage du nerf olfactif. — Le premier nerf crânien est bien le nerf de l'olfaction. Chez l'homme, il est quelquefois si peu développé, que ce n'est qu'au microscope qu'on trouve quelques filets nerveux dans la muqueuse pituitaire. C'est un sens qui est rudi-

mentaire, au moins chez l'homme civilisé, car les voyageurs nous ont appris que les Indiens du Pérou sentent à l'odeur l'approche de l'ennemi. Chez beaucoup de vertébrés, le bulbe olfactif a la structure d'un lobe cérébral, et les cornets des narines ont chez certains mammifères un développement colossal en comparaison de ce qu'on voit chez l'homme. Aussi les animaux se servent-ils des impressions données par ce sens pour le choix de leur nourriture. Ils jugent, par l'odeur, des qualités favorables ou nuisibles des aliments; c'est par les odeurs qu'ils sont avertis de l'approche ou du passage, soit de la proie, soit de l'ennemi. Les expériences faites sur les chiens le montrent d'ailleurs d'une façon péremptoire : grâce à l'odorat, le chien sait découvrir la nourriture qu'on cache à sa vue; mais, si on lui sectionne les deux nerfs olfactifs, il n'est plus capable de trouver les aliments par l'odorat. Un chien qui a le nerf olfactif intact fuit l'acide sulfhydrique; un autre chien auquel on l'a sectionné se montre insensible à cet acide.

Usages des nerfs sensitifs du nez. — Cependant les filets nasaux du trijumeau ont une influence sur le sens de l'olfaction : quand ils sont détruits, la muqueuse nasale devient rouge, s'enflamme, et l'olfaction s'en ressent. Le bon état de la pituitaire est nécessaire pour que l'olfaction se produise; chacun a pu constater sur lui-même que, dans le rhume de cerveau ou *coryza*, les sensations olfactives sont abolies, parce que la muqueuse enflammée est ou trop sèche ou trop humide.

ORGANE DU GOUT

Chacun sait que le contact des aliments avec la muqueuse de la bouche produit une sensation spéciale, dite *gustative* (*gustare*, goûter). C'est ainsi que nous prenons connaissance de cette propriété des corps, qu'on appelle la *saveur*; mais nous ignorons à quoi est due cette qualité.

Les saveurs sont multiples et échappent à toute classification; il n'est même pas possible de les diviser en saveurs *agréables* ou *désagréables*, car les individus et les peuples diffèrent singulièrement de *goût* à cet égard.

Cependant elles peuvent se classer en quatre groupes : les saveurs *salées*, *acides*, *sucrées* et *amères*. En supprimant la sensibilité tactile de la langue et la sensibilité olfactive, on n'a plus que des sensations *amères* ou *sucrées*.

Quelles sont les parties de la bouche qui sont le siège du goût?

En portant, au moyen de petites éponges fixées au bout d'une tige de baleine, les substances sapides sur les différentes parties de la bouche, on a reconnu que la muqueuse des joues ne donne lieu à aucune sensation gustative, que les régions les plus sensibles aux impressions gustatives sont la base, la pointe et les bords de la langue. De plus, les piliers antérieurs et la partie intermédiaire du voile du palais sont également le siège du goût. C'est donc à l'entrée du pharynx, devant l'isthme du gosier, que se trouve un véritable anneau gustatif, nous renseignant sur la qualité des substances alimentaires avant qu'elles échappent, par la déglutition, à l'empire de la volonté.



Fig. 204. — Langue vue par sa face dorsale.

A, A, papilles caliciformes disposées en V, dont le sommet est occupé par la papille B (trou borgne); C, C, papilles fongiformes; D, D, papilles filiformes; E, follicules clos de la base de la langue; F, amygdales.

En procédant ainsi, on a reconnu de plus que certains points de la région gustative donnent seuls lieu, lorsqu'ils sont touchés par une substance sapide, à une sensation gustative, tandis que les parties intermédiaires sont insensibles aux impressions sapides. Ces points gustatifs sont des saillies, ou *papilles spéciales*, de la muqueuse.

Si nous examinons la surface dorsale de la langue (fig. 204), nous voyons que, dans l'intervalle des deux amygdales (F), la base de la langue est couverte de tubercules, qui sont des saillies glandulaires se rapprochant par leur nature de celle des amygdales (glandes sans conduit excréteur).

Papilles linguales. — Cette partie de la langue n'est pas gustative. Mais plus en avant on remarque de chaque côté de la ligne médiane 7 ou 8 fossettes, bordées par un bourrelet circulaire

et formant deux lignes obliques (A) qui se réunissent en (B). Elles affectent la forme d'un V ouvert en avant et à sommet postérieur; c'est le V lingual, dont le sommet est occupé par une dépression plus grande que les autres et signalée déjà au XVIIIe siècle par le médecin italien Morgagni : d'où le nom de *trou borgne de Morgagni* (*b*).

En regardant de plus près, ou en faisant une section verticale de l'une de ces fossettes et de la partie environnante (fig. 205), on aperçoit, dans l'orifice, une saillie papillaire (*p*), séparée par un vallon circulaire (*f*) du bourrelet (*b*). La papille centrale semble faire saillie du fond d'un calice : d'où le nom de papille *caliciforme*. Elle est conique, fixée par son sommet au fond du calice, mais sa base arrive à peine au niveau du bourrelet circulaire.

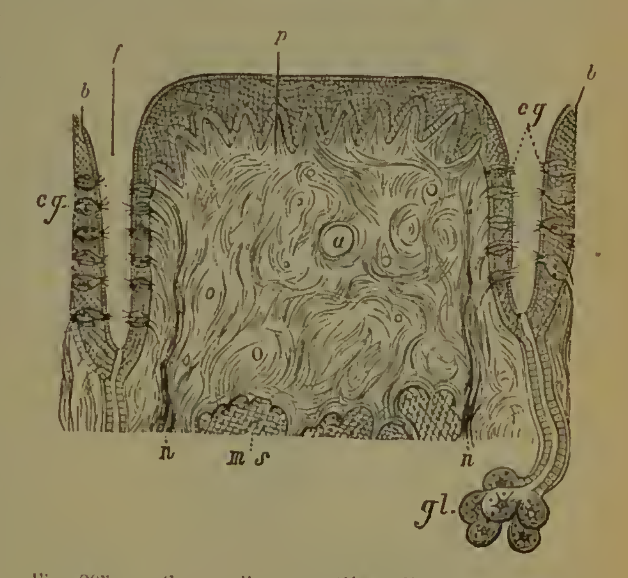


Fig. 205. — Coupe d'une papille caliciforme (grossie).

a, vaisseau sanguin; *cg*, olives du goût; *n*, nerf se rendant aux olives; *gl*, glande; *ms*, coupe des faisceaux musculaires.

En avant du V lingual, la surface de la langue présente l'aspect d'un gazon touffu. Cet aspect est dû à des papilles semblables aux précédentes, mais dont le corps fait une saillie complètement libre. Ces papilles affectent deux formes différentes : les unes ont l'aspect de filaments dont le sommet est simple ou divisé en filaments secondaires : on les appelle les *papilles filiformes* quand elles sont simples, et *corolliformes* quand le bout divisé rappelle la corolle d'une fleur. Les autres papilles ont l'extrémité libre et renflée en tête de champignon : d'où le nom de *papilles fongiformes* (*fungus*, champignon).

Le corps des papilles est formé par le tissu conjonctif du derme (fig. 205) et elles sont recouvertes de l'épithélium pavimenteux stratifié qui caractérise la muqueuse buccale (fig. 207). Notons

seulement que chez le bœuf, le chat, le lion, etc., les papilles filiformes et corolliformes présentent un épithélium qui devient corné. L'ensemble de ces étuis durs fait de la langue de ces animaux une véritable râpe.

Bourgeons du goût. — Toutes les papilles, quelle que soit leur forme, sont abondamment pourvues de vaisseaux, mais la façon dont les nerfs se terminent, soit dans le chorion, soit dans l'épithélium, varie selon le genre de papilles. Dans les papilles filiformes et corolliformes, on trouve des organes découverts par le médecin W. Krause en 1858, et qui sont analogues à ceux que nous avons étudiés dans la peau sous le nom de *corpuscules du tact*. C'est là qu'aboutissent une partie des filets nerveux de la sensibilité générale, tandis que l'autre partie va s'épanouir dans l'épithélium de la muqueuse buccale et se terminer, comme dans la peau, par des boutons libres (fig. 207, *t*). Mais, outre ce mode de terminaison des nerfs, on en connaît aujourd'hui un autre, découvert en 1867, en Allemagne, par M. Schwalbe et en Suède par M. Lovén. Ces médecins ont vu que, sur la section

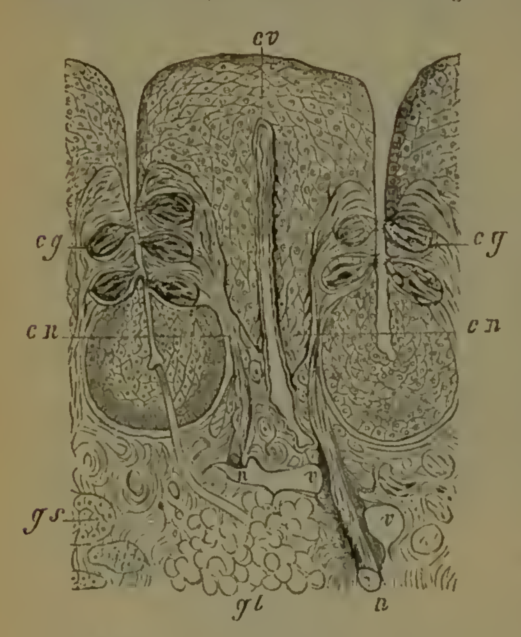


Fig. 205. — Section à travers l'organe folié du lapin.

cv, crête conjonctive de la papille vasculaire; *n*, nerfs allant dans la crête (*cn*) qui supporte les olives gustatives (*cg*); *v*, vaisseaux; *gl* et *gs*, glandes coupées en long et en travers.

d'une papille caliciforme ou fongiforme, on trouve des corpuscules particuliers, ayant la forme d'olives et logés dans l'épithélium de la muqueuse. Leur taille atteint 1 dixième de millimètre environ : ce sont les *olives* ou *bourgeons gustatifs* (fig. 205 et 206).

Dans les papilles fongiformes, elles ne constituent qu'une rangée à la surface de l'organe; mais dans les papilles caliciformes les deux bords du vallon logent une rangée circulaire d'olives. Leur nombre est considérable : une papille caliciforme

en contient 480 chez la brebis, près de 2000 chez le bœuf et 5000 chez le porc. Comme il y a 20 papilles caliciformes chez le bœuf, elles renferment un total de 40 000 olives du goût.

Les papilles caliciformes et fongiformes, je le répète, contiennent

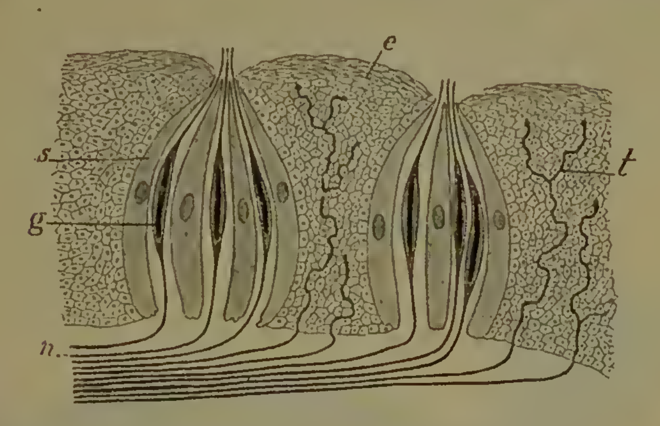


Fig. 207. — Deux olives du goût, d'après le Cours de M. Duval, très grossies.

n, nerfs aboutissant aux 2 olives et à l'épithélium buccal (*e*); *s*, cellule de soutien; *g*, cellule sensorielle ou gustative; *e*, épithélium pavimenteux stratifié où les nerfs sensitifs se terminent, comme dans l'épiderme, par des bouts libres.

partout des olives gustatives; de plus, certains mammifères en possèdent dans un organe situé sur les bords de la langue et où les papilles affectent une disposition foliée : d'où le nom d'*organe folié*. Chez le lapin, l'organe folié est très développé, ce qui permet d'en faire aisément l'étude. On a trouvé également des olives du goût dans les papilles qui recouvrent les piliers antérieurs et la face antérieure du voile du palais.

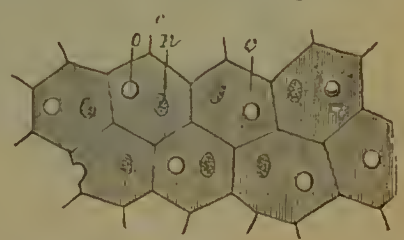


Fig. 208. — Cellules épithéliales qui recouvrent l'extrémité libre des olives du goût.

ce, cellule épithéliale, avec noyau (*n*); *o*, *o*, orifices qui laissent passer les cils gustatifs.

Structure des bourgeons du goût. — La structure des olives gustatives est très simple. Ce sont des cellules épithéliales qui se sont disposées en olives. Comme dans les organes terminaux de l'odorat et de l'ouïe, ces cellules y affectent deux formes différentes : cellules sensorielles (*g*) et cellules de soutien (*s*) (fig. 207).

Les cellules sensorielles (*g*) sont fusiformes : l'une de leurs extrémités (*n*) se continue avec un nerf, l'autre est hérissée de *cils gustatifs*. Dans les papilles caliciformes, ces cils vont plonger, à travers des orifices particuliers (fig. 208, *o*) des cellules épithéliales voisines, jusque dans le vallon de la papille caliciforme.

Des cellules de soutien, les unes sont disposées comme les douves d'un barillet entourant l'olive; les autres, situées dans l'intérieur même de l'olive, séparent les cellules gustatives les unes des autres.

La langue est un organe contractile et sensible. — Voyons maintenant les nerfs de la langue. Rappelons encore que, des deux

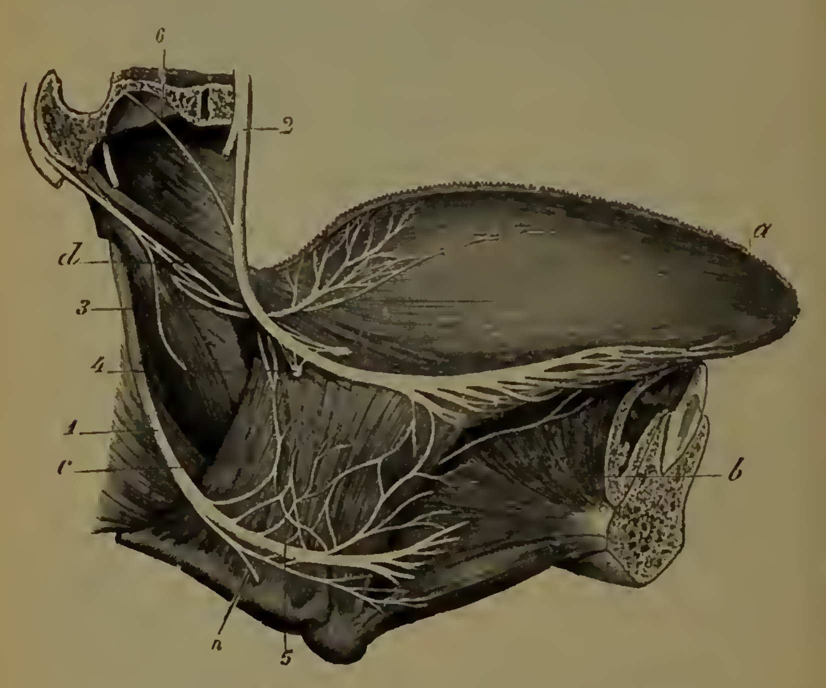


Fig. 209. — Muscles et nerfs de la langue.

a, muscles formant la masse de la langue ; *b*, muscle génio-glosse ; *c*, muscle hyo-glosse ; *d*, muscle styloglosse ; 1, nerf hypoglosse ; 2, nerf lingual ; 3, nerf glosso-pharyngien ; 4, ganglion sous-maxillaire ; 5, plexus nerveux ; 6, corde du tympan ; *h*, os hyoïde.

sortes de sensations gustatives, la base de la langue perçoit surtout les saveurs amères, et la pointe les saveurs sucrées.

Ces nerfs sont nombreux et viennent de sources différentes.

La figure 209, qui représente une section verticale et antéro-postérieure de la langue, nous montre, outre les muscles que nous connaissons (p. 45), le nerf (1), qui est le 12[e] nerf crânien ou

hypoglosse; le nerf (2), qui est une branche du trijumeau et qu'on appelle le *lingual*, allant se rendre à la partie de la langue antérieure au V lingual. Remarquons, en arrière de l'origine du lingual, en 6, un filet qui, après avoir traversé une lamelle osseuse en haut et à gauche, vient se jeter et se perdre dans le lingual : c'est la *corde du tympan*, dont nous connaissons l'origine et le trajet (p. 29 et p. 290). Enfin le nerf (3), dont on ne voit que les rameaux terminaux allant se distribuer à la base de la langue en arrière du V : c'est le nerf *glosso-pharyngien* ou 9ᵉ nerf crânien.

La langue est un organe musculaire dont les mouvements sont nécessaires à la préhension des aliments, à la mastication, à la déglutition et enfin à la parole. Sa muqueuse est sensible; cette sensibilité nous permet de reconnaître la situation des aliments et d'éviter les dents pendant la mastication. De plus, la langue nous permet d'apprécier le goût des substances introduites dans la bouche.

Rôle des nerfs de la langue. — Parmi les nerfs qui arrivent à la langue, voyons quels sont ceux qui président au mouvement, à la sensibilité tactile et à la sensibilité gustative.

Jusqu'au commencement de ce siècle, on n'avait aucune notion exacte sur le rôle des divers nerfs de la langue. C'est au médecin italien Panizza que revient le mérite d'avoir le premier, vers 1830, entrepris des expériences à cet égard. Il coupa à un chien le nerf hypoglosse et il vit que l'animal ne pouvait plus laper, ni retenir dans sa bouche les aliments que ses dents avaient saisis. La déglutition devenait difficile ou impossible. Le mouton auquel on a sectionné l'hypoglosse ne peut plus saisir l'herbe, et la langue, paralysée, est blessée par les dents. Le nerf hypoglosse est donc le nerf moteur de la langue.

En 1834, le même médecin, sectionnant, sur des chiens, le glosso-pharyngien, vit qu'ils mangeaient sans dégoût des aliments imbibés d'une substance amère, telle que la coloquinte, et auxquels ils refusaient auparavant de toucher. Le glosso-pharyngien est donc l'un des nerfs du goût. Dans ces derniers temps, on a ajouté une autre preuve à celle-ci : après la section du glosso-pharyngien, on voit dans les olives les cellules gustatives s'atrophier et disparaître.

Enfin, la section du trijumeau abolit la sensibilité tactile dans la langue : c'est donc le nerf lingual qui préside à la sensibilité générale de la muqueuse linguale.

Pour ce qui regarde la sensibilité gustative du nerf glosso-pharyngien et la sensibilité générale du lingual, les conclusions précédentes sont conformes à la réalité. Mais les filets du glosso-pharyngien s'épuisent en arrière du V lingual, et on sait qu'en avant de ce V, sur les bords et à la pointe de la langue, on ressent aussi les impressions gustatives. Un chien auquel on a coupé le glosso-pharyngien, mange avec hésitation les aliments contenant de la coloquinte. Mais, si on sectionne en même temps le lingual des deux côtés, le goût a complètement disparu. D'où proviennent les filets gustatifs allant à la partie antérieure de la langue ? La section ou la *paralysie* du facial, qui fournit à la langue la corde du tympan, est accompagnée d'altérations du goût. C'est donc par la corde du tympan que les filets gustatifs parviennent au nerf lingual et à la muqueuse de la langue. Pour s'en assurer, on sectionne la corde du tympan et on constate que le goût est aboli dans la moitié correspondante de la partie antérieure de la

langue. En faisant, au contraire, la même opération sur le lingual (avant sa jonction avec la corde), le goût est conservé. La corde du tympan serait le nerf gustatif de la moitié antérieure de la langue.

Mais nous savons que la corde du tympan n'est qu'un rameau se détachant du facial; nous savons également que le facial est un nerf moteur, dont les fibres sont centrifuges. Contiendrait-il des fibres centripètes? Cette interprétation est quasi la vraie. M. Mathias Duval a montré le premier que le nerf intermédiaire de Wrisberg (voir p. 241), qui s'accole et se confond plus loin avec le facial, prend son origine dans le bulbe sur un amas de cellules qui font suite à celles qui donnent naissance au glosso-pharyngien. Il y a quelques années, le médecin américain Bigelow, puis le médecin français Vulpian, sont arrivés à sectionner le nerf de Wrisberg sans léser le facial, et ils ont trouvé une altération du goût dans la moitié antérieure de la langue.

Nous sommes donc en droit de conclure que le nerf intermédiaire de Wrisberg est le nerf gustatif de la partie antérieure de la langue; il prend naissance dans un amas de substance grise qui n'est qu'une portion séparée de celle qui est l'origine du glosso-pharyngien. Mais, pour arriver à la langue, les filets du nerf de Wrisberg suivent le trajet du facial d'abord, celui de la corde du tympan ensuite et viennent enfin se joindre au nerf lingual.

En résumé, le nerf hypoglosse est le nerf moteur de la langue; le nerf lingual, branche du trijumeau, préside à sa sensibilité générale, tandis que le nerf glosso-pharyngien et le nerf intermédiaire de Wrisberg sont les nerfs du goût.

Corde du tympan. — Nous connaissons les faits suivants (p. 29) : 1° l'excitation du bout périphérique de la corde du tympan produit une sécrétion abondante dans la glande sous-maxillaire; 2° (p. 290) l'excitation du même bout périphérique dilate les vaisseaux de la même glande. Or l'action vaso-dilatatrice est indépendante de l'effet excito-sécrétoire, puisque, en liant les vaisseaux de la face, ou en décapitant l'animal, on arrive encore à faire sécréter la glande sous-maxillaire par l'excitation de la corde. Enfin, 3° nous venons de constater la présence de filets gustatifs dans la corde. Ces trois sortes de filets nerveux ont le même aspect et la même structure, et ce n'est qu'en interrogeant par l'expérimentation (excitation et action des substances médicamenteuses) la corde du tympan qu'on est arrivé à établir l'existence de filets nerveux à fonctions distinctes. Ce fait, rapproché de ce qui existe dans les nerfs rachidiens, montre que des filets centrifuges (moteurs, excito-sécrétoires, vaso-dilatateurs) et des filets centripètes (sensitifs ou gustatifs) peuvent prendre naissance en des points différents de l'axe gris des centres nerveux, puis se réunir et s'accoler, sur une certaine étendue, avant de se rendre chacun à l'organe qu'ils animent. La situation superficielle et l'accès relativement facile de la corde du tympan ont permis d'expérimenter avec succès sur ce cordon et d'y découvrir les fibres nerveuses à fonctions si variées.

ORGANE DE LA VUE

La vue siège dans les yeux. Ceux-ci se composent, chez l'homme, d'un organe essentiel, le *globe oculaire*, et de parties accessoires, qui servent à le mouvoir et à le protéger.

Constitution du globe oculaire. — Le globe oculaire peut être comparé à un appareil photographique. Sur la section verticale (fig. 210), on voit qu'il est entouré de trois membranes. Elles sont.

de dehors en dedans : une enveloppe extérieure formée, dans les quatre cinquièmes postérieurs, d'une membrane fibreuse très résistante, la *sclérotique* (H) (*scléros*, dur), et, dans le cinquième antérieur, d'une membrane transparente, la *cornée* (A) (*corneus*, qui a l'apparence de la corne).

En dedans de cette membrane extérieure se trouve la deuxième membrane, très vasculaire, la *choroïde* (I) (*chorion*, fine membrane ; *eidos*, qui ressemble). La face interne de cette dernière est con-

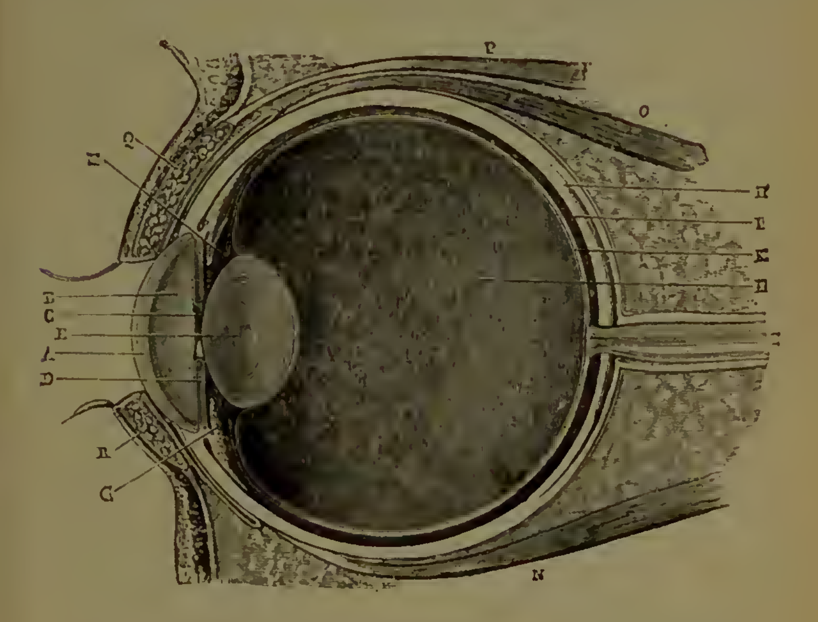


Fig. 210. — L'œil sur une coupe verticale.

A, cornée ; B, humeur aqueuse ; C, pupille ; D, iris ; E, cristallin ; F, procès ciliaires ; G, canal de Petit ; H, sclérotique ; I, choroïde ; K, rétine ; L, corps vitré ; M, nerf optique ; *n*, muscle droit inférieur ; O, muscle droit supérieur P, releveur de la paupière ; Q, glandes de Meibomius de la paupière supérieure R, mêmes glandes de la paupière inférieure.

tigué à une couche noire, dépendant de la troisième membrane et transformant le globe oculaire en une chambre noire. En arrivant à la limite de la sclérotique et de la cornée, la choroïde se continue avec un disque, l'*iris* (D). En raison de sa teinte, variable selon les personnes, on a comparé ce dernier à l'arc-en-ciel ou *iris* des anciens. Il est percé, près de son centre et un peu en dedans, d'une ouverture circulaire, la *prunelle* ou *pupille* (*pupilla*, poupée). La pupille de l'œil est ainsi appelée à cause de la petite figure qu'on

y voit se refléter. Elle règle l'entrée des rayons lumineux dans le globe oculaire.

Enfin la troisième membrane figure la plaque sensible de l'appareil photographique : elle est représentée dans l'œil par une sorte de toile délicate, la rétine (K) (*rete*, rets). Celle-ci forme une cupule continue au nerf optique (*m*), et s'étale à la face interne de la choroïde.

La lumière, pénétrant dans cet appareil, irait former une image confuse sur l'ensemble de la rétine; mais, après avoir traversé la cornée, elle rencontre divers milieux transparents, tels que l'*humeur aqueuse* (B), le *cristallin* (E) et l'*humeur vitrée* (L), qui concentrent les rayons lumineux sur *un* point unique de la rétine.

Enfin, de la même façon que le photographe *met au point* avant de placer la plaque sensible, l'œil peut lui-même modifier le pouvoir réfringent de son cristallin; il en résulte que l'image de l'objet, quelle que soit la distance de ce dernier, vient toujours se produire sur la rétine. A cet effet, la choroïde forme autour du cristallin un renflement circulaire, qui peut, en changeant de forme et de volume, augmenter ou diminuer la convexité de la face antérieure du cristallin et accommoder l'œil aux distances.

Nous allons examiner de plus près la structure et l'usage de ces diverses parties.

Sclérotique. — La sclérotique est la charpente de soutien et de protection du globe oculaire, auquel elle donne la forme d'une petite sphère, longue de 2 centimètres et demi environ. Elle est constituée, chez l'homme, de faisceaux fibreux qui réfléchissent les rayons lumineux tombant sur sa face externe; d'où l'aspect blanc de la portion antérieure de la sclérotique (blanc de l'œil), qui a reçu pour ce motif le nom de *cornée opaque*.

La figure 210 montre l'épaisseur notable de la sclérotique (II); elle atteint 1 millimètre en moyenne et sa surface extérieure sert d'attache aux muscles moteurs du globe de l'œil. Chez certains vertébrés, tels que la grenouille, le requin, etc., la sclérotique devient cartilagineuse; elle est même osseuse chez certains oiseaux et reptiles.

La *cornée* (A), dite quelquefois *transparente*, par opposition à la cornée opaque, est tout uniquement le segment antérieur de celle-ci, quoique plus convexe et paraissant enchâssé dans le bord antérieur de la sclérotique.

Elle est également formée de tissu conjonctif, mais les lamelles y sont perpendiculaires les unes aux autres, de sorte que la lumière les traverse comme elle traverserait un verre transparent,

à faces parallèles. La face antérieure de la cornée est recouverte d'une couche d'épithélium stratifié.

Choroïde. — La *choroïde* (fig. 211, *ch*) est une membrane conjonctive, très vasculaire, qui, en arrivant près du cristallin, se renfle et forme une zone annulaire, *zone* ou *région ciliaire*. Celle-ci laisse reconnaître deux couches : l'une, externe (*mc*), est formée de fibres musculaires lisses ; c'est le *muscle ciliaire* (*ml* et *mc*). L'autre, interne, est plissée et forme une couronne de plis entourant les bords du cristallin et connus sous le nom de *procès ciliaires* (*p*) (*processus*, saillie).

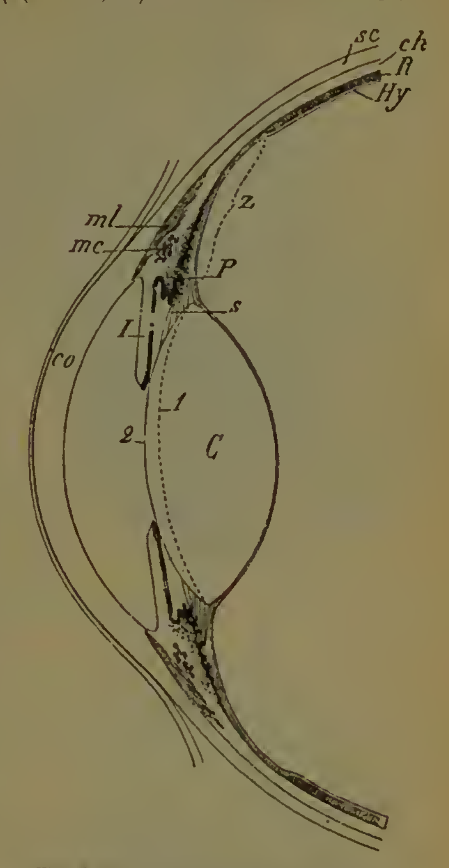


Fig. 211. — Partie antérieure du globe oculaire (coupe).

co, cornée ; *sc*, sclérotique ; *ch*, choroïde ; R, rétine ; H*y*, hyaloïde ; C, cristallin ; Z, zone de Zinn avec ses fibres (*s*) ; P, procès ciliaires ; *mc*, faisceaux annulaires du muscle ciliaire ; *ml*, ses faisceaux longitudinaux ; 1, face antérieure du cristallin (à l'état de repos du muscle ciliaire) ; 2, face antérieure du cristallin à la suite de la contraction du muscle ciliaire (accommodation).

Muscle ciliaire. — Le muscle ciliaire, qui à l'œil nu se présente comme un anneau (fig. 212, *c*) est constitué de fibres musculaires, lisses chez les mammifères, striées chez les oiseaux. Ces fibres présentent deux directions principales : les externes s'étendent de la choroïde à la sclérotique et ont un trajet longitudinal (fig. 211, *ml*) ; les internes (*mc*) ont une disposition annulaire par rapport au cristallin.

Les procès ciliaires offrent, quand on les regarde de face, comme on le voit sur la figure 212 en *f*, l'aspect d'une série de plis longs de 2 à 3 millimètres, placés de champ et encadrant les bords du cristallin. Ils sont au nombre de 70 à 80. Ils représentent des

saillies de la choroïde sillonnées de nombreux vaisseaux sanguins.

D'après cette constitution de la région ciliaire, il est facile de comprendre l'action du muscle et des procès ciliaires. Les fibres musculaires externes, ou longitudinales, en se contractant, tirent la choroïde en avant; les internes, ou circulaires, rétrécissent l'anneau de la zone ciliaire. A la suite de cette contraction, les vaisseaux des procès ciliaires se remplissent de sang et transmettent la compression à la circonférence du cristallin. La choroïde fixe le corps vitré, qui empêche à son tour la face postérieure du cristallin de se bomber en arrière : la face antérieure seule de cet organe se bombe et devient plus convexe (fig. 211, 2).

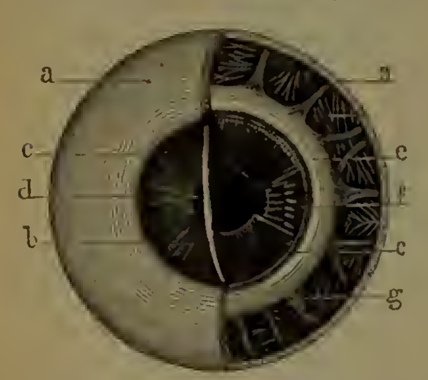


Fig. 212. — Globe oculaire vu par l'extrémité antérieure.

a, sclérotique ; *b*. cornée ; *c*. iris ; *d*. pupille : les membranes précédentes ont été sectionnées à droite de la figure pour montrer : *e*, le muscle ciliaire : *g*. les nerfs ciliaires : *f*. les procès ciliaires.

Tel est le mécanisme par lequel le cristallin change de courbure et acquiert la faculté de l'*adaptation* ou de l'*accommodation*, dont l'agent actif est le muscle ciliaire.

Iris. — L'*iris* (fig. 212, *c*) est un diaphragme membraneux faisant suite en avant à la choroïde. Il présente : 1° une *grande circonférence*, qui s'attache par un ligament en forme de peigne (*pectiné*) à la sclérotique; 2° une *petite circonférence*, qui circonscrit l'ouverture de la pupille; 3° une *face antérieure*, baignée par l'humeur aqueuse: 4° une *face postérieure*, moulée sur le cristallin. Comme on le voit sur la figure 212, l'iris vu par sa face antérieure semble être parcouru par une série de plis rayonnés. C'est une membrane très mince, formée de tissu conjonctif avec cellules pigmentées et très riche en vaisseaux. Sur le pourtour de la petite circonférence, il contient, en outre, un muscle orbiculaire, formé de faisceaux musculaires lisses, qui s'entre-croisent comme ceux du cœur; il joue le rôle de constricteur ou *sphincter iridien*. Lorsqu'il se contracte en effet, la pupille se rétrécit.

En jetant un coup d'œil sur la figure 213, on voit que, tout autour du nerf optique, la sclérotique est traversée par de nombreux nerfs, appelés *nerfs ciliaires* (*i*). Ceux-ci vont les uns à la choroïde, les autres à l'iris, et ils sont accompagnés de nombreuses artè-

rioles. Les nerfs courent entre la sclérotique et la choroïde et forment, au niveau du muscle ciliaire, un plexus (*c*), d'où partent des filets pour l'iris.

Les artérioles se distribuent les unes dans la choroïde, les autres dans les procès ciliaires et l'iris; elles fournissent un réseau capillaire très riche, servant non seulement à nourrir, mais encore à réchauffer le globe oculaire et surtout la rétine. Nous avons vu (p. 158 et 246), en effet, que, lorsqu'un nerf est refroidi, il ne fonctionne plus et la région qu'il anime devient insensible. La richesse vasculaire de la choroïde et de l'iris paraît donc protéger le globe oculaire contre le froid et servir d'appareil de caléfaction à la rétine.

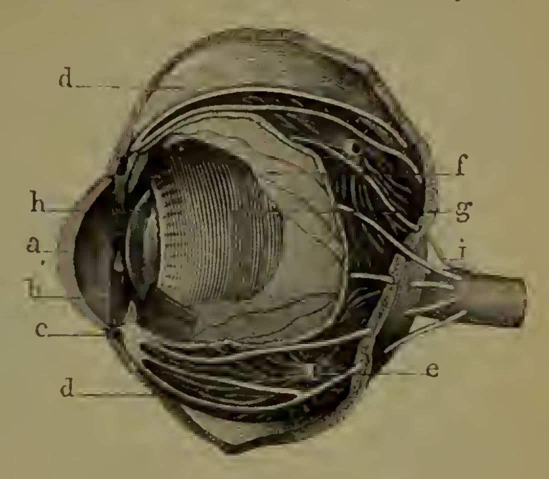


Fig. 213. — Globe oculaire disséqué.

a, cornée ; *b*, iris ; *c*, plexus ciliaire ; *d*, sclérotique ; *e*, vaisseau tourbillonné ; *f*, rétine ; *g*, corps vitré ; *h*, cristallin ; *i*, nerfs ciliaires.

De ce réseau capillaire partent des veines (fig. 213, *e*) dont la disposition est remarquable : elles sont au nombre de quatre, situées à l'équateur du globe oculaire et chacune figure une étoile à rayons courbes ; ce sont les *veines tourbillonnées*.

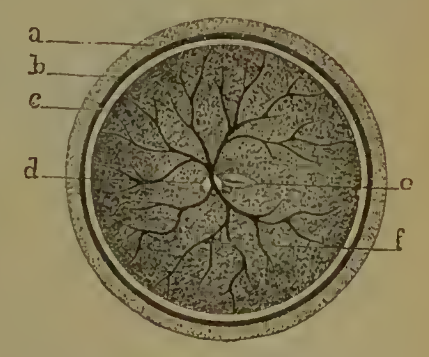


Fig. 214. — Coupe transversale du globe oculaire pour montrer son fond.

a, sclérotique ; *b*, choroïde ; *c*, rétine dont on voit : *e*, tache jaune ; *d*, papille ; *f*, vaisseaux.

Rétine. — Après avoir enlevé la choroïde, on voit que sa face interne est tapissée par une couche noire, dite *couche pigmentée* (*pigmentum*, couleur pour peindre) de la rétine et on aperçoit (fig. 213, *f*) une membrane opaline, la *rétine*. Vue de face (fig. 214), la rétine a

la forme d'une cupule, épaisse de 1 à 2 dixièmes de millimètre. A l'endroit où elle se continue avec le nerf optique, on aperçoit une saillie, la *papille optique* (*d*), et, en dehors, un pli (*e*) d'aspect jaune-serin, qui est la *tache jaune*, présentant une dépression ou *fossette centrale*. De nombreux vaisseaux pénètrent, avec la papille, dans la rétine et y forment une arborisation des plus élégantes (*f*).

Quant à l'épithélium pigmentaire qu'on aperçoit sur la choroïde

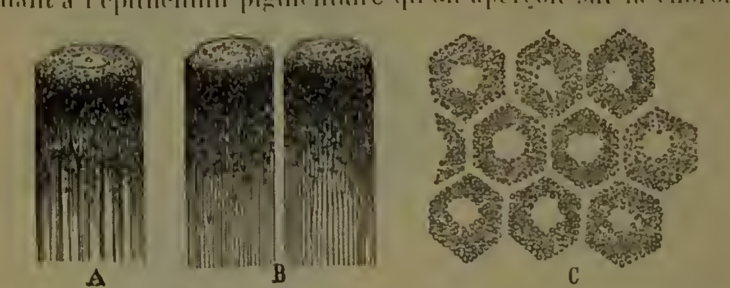


Fig. 215. — Cellules composant la couche pigmentée de la rétine. A, B, vues de profil ; C, vues de face.

et qui tapisse sa face interne, il est formé d'une assise de cellules hexagonales, figurant de face une mosaïque très régulière (fig. 215, C). Le corps cellulaire est rempli de granulations noires ; le noyau,

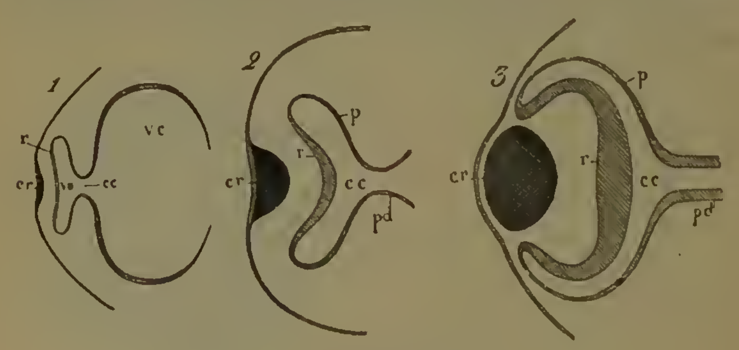


Fig. 216. — Développement de l'œil.

1, *cr*, cristallin ; *vc*, vésicule cérébrale qui a poussé le prolongement ou vésicule oculaire (*vo*) ; *r*, rétine ; *cc*, cavité cérébrale ; 2, même signification des lettres ; *p*, pigment rétinien ; *pd*, pédoncule cérébral ; 3, le cristallin s'est détaché de la peau.

qui en est complètement dépourvu, représente un espace blanc central. Cet épithélium s'étend depuis le fond de l'œil jusque sur la face postérieure des procès ciliaires et de l'iris et transforme, je le répète, l'intérieur de l'œil en chambre noire.

Origine de la rétine. — Pour comprendre la structure de la rétine et de sa couche pigmentaire, il est nécessaire d'en voir l'origine. Le système nerveux central représente au début un tube creux, provenant du feuillet superficiel, comme c'est indiqué (p. 221). Bientôt la partie crânienne de ce tube se renfle en vésicules (*vc*); la vésicule antérieure pousse deux prolongements latéraux, ***vésicules oculaires primitives*** (fig. 216, *vo*). En ouvrant cette partie antérieure du système nerveux, on voit que cette vésicule oculaire primitive *vo* et *cc* est creuse et que ses parois se continuent, ainsi que sa cavité, avec celles de la vésicule cérébrale (*Vc*). En même temps, la vésicule oculaire s'étrangle en *pd* et sa paroi extérieure (*r*) s'aplatit en arrivant au contact de la peau. Cet aplatissement s'accentue et il se forme une dépression dans sa partie externe (fig. 216, 2). La vésicule oculaire acquiert ainsi la forme d'une cupule à double paroi : l'une qui se déprime et devient intérieure (*r*), et l'autre qui reste extérieure (*p*). Dans la figure 216, 3, les phénomènes sont encore plus prononcés : nous avons un feuillet intérieur (*r*), qui deviendra la rétine, un feuillet extérieur qui sera la couche pigmentaire (*p*). Le pédicule continue à rattacher le tout au cerveau : c'est le futur nerf optique (*pd*).

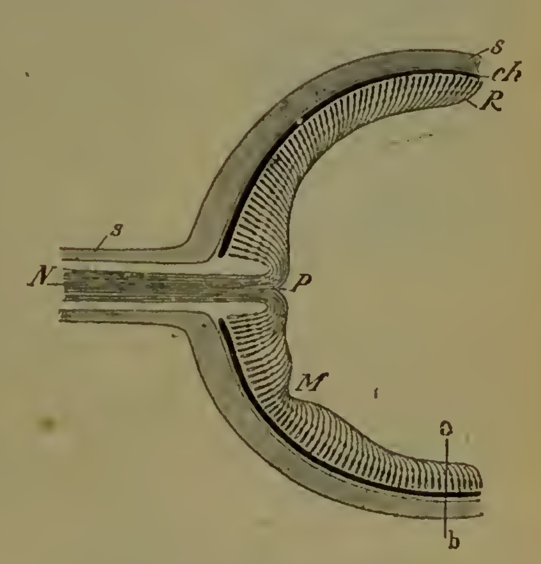


Fig. 217. — Épanouissement du nerf optique dans le globe oculaire, d'après M. Duval.

ss, gaine du nerf optique (N) et sclérotique; *ch*, choroïde; P, papille; M, tache jaune.

Structure de la rétine. — En résumé, la rétine n'est qu'une portion de l'écorce cérébrale primitive allant au-devant de la peau; elle comprend toute l'épaisseur du névraxe, depuis le canal central (*cc*) jusqu'à sa surface extérieure. Aussi voit-on se développer dans son épaisseur non seulement la couche de cellules épithéliales correspondant à l'épendyme du canal central, mais encore une série de couches nerveuses, ana-

logues à celles des circonvolutions cérébrales. A raison de la dépression subie par le feuillet externe de la vésicule oculaire, la couche épithéliale sera tournée en dehors (vers la choroïde), et la couche cérébrale en dedans (vers le corps vitré). La figure 217 montre comment les fibres du nerf optique se dirigent par leurs filets terminaux de dedans en dehors. Sur une coupe faite sur la rétine (fig. 217, *ab*), on voit que le nerf optique, en s'épanouissant dans l'intérieur du globe oculaire, forme une couche 218 (2), dite *couche des fibres du nerf optique*. A ces fibres succède, en allant vers la choroïde, une couche de grandes cellules nerveuses, multipolaires (3), ressemblant aux cellules de Purkinje du cervelet, et émettant un prolongement cylindre-axile du côté de la couche des fibres du nerf optique et de nombreux prolongements qui se dirigent du côté opposé. Ces derniers se ramifient et se perdent dans un réseau infiniment délicat de filets nerveux (4), appelé *plexus cérébral*. A celui-ci fait suite une couche de cellules nerveuses, les plus internes unipolaires, les externes bipolaires (5).

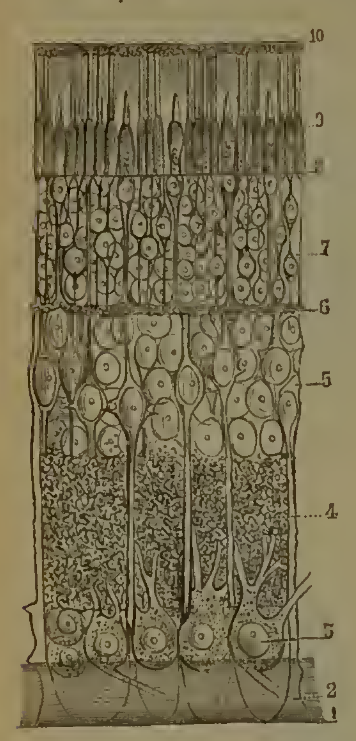


Fig. 218. — Coupe de la rétine faite selon la flèche *ab* de la figure 217 ; la couche la plus externe est tournée en haut (très grossie).

1. limitante interne ; 2, couche des fibres du nerf optique ; 3, cellules multipolaires ; 4, plexus cérébral ; 5, cellules unipolaires et bipolaires ; 6, plexus basal ; 7, cellules visuelles ; 8, limitante externe ; 9, cônes et bâtonnets ; 10, couche pigmentée de la rétine.

Telles sont les couches qui répondent aux couches d'une circonvolution cérébrale et qui sont représentées par une alternance de couches de cellules nerveuses et de plexus. Elles figurent la portion cérébrale de la rétine, possédant seule, chez l'homme et les mammifères, deux réseaux capillaires, l'un dans la couche des fibres du nerf optique, l'autre dans la couche des cellules uni- et bipolaires.

Les couches suivantes correspondent aux couches épithéliales de

l'épendyme : chez le chat et le lapin, à la naissance, elles ne sont représentées que par un plexus nerveux, dit *plexus basal* (6), et par une couche de cellules fusiformes, appelée les *cellules visuelles* (7). Peu à peu l'extrémité de ces cellules tournée vers la choroïde pousse des prolongements, dont les uns affectent la forme de *cônes* et les autres celle de *bâtonnets*. C'est ainsi que prend naissance la *couche des cônes et des bâtonnets* (9), qui se met en rapport avec la couche pigmentaire de la rétine (10).

Le médecin anglais Jacob a, le premier, en 1819, bien décrit la couche des cônes et des bâtonnets : d'où le nom de *membrane de Jacob*, donné à cette couche.

En résumé, les éléments *nerveux* de la rétine peuvent se réduire à trois (fig. 219) : 1° une couche de *cellules multipolaires* (*f*), dont un prolongement (*g*) se dirige vers l'encéphale par le nerf optique; un autre (*h*) reste dans cette couche et un troisième (*e*) se met en rapport avec celui de la couche suivante; 2° cette deuxième couche est formée en partie par les *cellules bipolaires* (*d*), dont nous connaissons le prolongement interne; leur prolongement externe (*c*) se met en rapport avec le prolongement interne des cellules visuelles; 3° la couche des *cellules visuelles* (*b*), qui sont munies d'une extrémité externe, ayant pris la forme d'un cône (*a*) ou d'un bâtonnet.

Fig. 219. — Éléments nerveux de la rétine.

f, cellule multipolaire avec ses prolongements (*g*, *h*, *e*); *d*, cellule bipolaire; *b*, cellule visuelle avec son extrémité externe ou *cône* (*a*).

Éléments de soutien de la rétine. — Outre les éléments nerveux et épendymaires, la rétine renferme des éléments de soutien, découverts par le médecin allemand Müller en 1851, et analogues à ceux de la névroglie. Ce sont des fibres étendues comme des rayons à travers la plus grande partie de l'épaisseur de la rétine (fig. 218). Leur pied s'élargit du côté du corps vitré, et, en se juxtaposant à celui des fibres voisines, il forme une cuticule, qui est la *limitante interne* (1). De là la fibre se dirige vers les cônes et les bâtonnets en envoyant des prolongements dans les couches qu'elle traverse.

Au niveau de la couche des cellules unipolaires et bipolaires, la fibre se continue avec le protoplasma d'une cellule, dont elle n'est qu'un prolongement. Cette cellule émet d'autres prolongements latéraux et un prolongement allant vers les cônes et les bâtonnets. Ce dernier se divise, au delà du plexus basal, en branches dont la disposition rappelle la forme de chandelier et qui servent à loger et à soutenir les cellules visuelles.

La fibre de Müller cesse au niveau du plan qui sépare les cellules visuelles des cônes et bâtonnets : elle forme là une cuticule (*limitante externe*) (8), percée d'orifices pour le passage des fibres reliant les cellules visuelles aux cônes et bâtonnets.

En résumé, le développement et la structure sont d'accord pour montrer que la rétine est une expansion, une sorte de lobule de l'écorce cérébrale : le nerf optique, formé de fibres à myéline, la relie, en guise de commissure, au reste de l'encéphale. La partie cérébrale de la rétine, formée par une succession de couches nerveuses et de plexus, est suivie par une partie épithéliale (plexus basal, cellules visuelles, cônes et bâtonnets) qui correspond à l'épithélium sensoriel des autres organes des sens, à l'épithélium olfactif par exemple.

La rétine tapisse toute la choroïde ; mais, en parvenant à la région ciliaire, elle diminue brusquement d'épaisseur et semble se terminer par un bord dentelé (*ora serrata*, zone en dents de scie). Toutefois ce n'est là qu'une apparence : la rétine s'étend sur la région ciliaire et l'iris, mais elle n'y est plus représentée que par une assise de cellules épithéliales cylindriques, insensibles à la lumière.

Tache jaune et fossette centrale. — Une autre région de la rétine mérite d'être examinée en détail : c'est celle de la tache jaune et de la fossette centrale. Cette dernière se trouve chez la grande majorité des vertébrés, tandis que la tache jaune n'existe que chez l'homme et les singes de l'ancien continent. Disons que la couleur jaune ne se voit pas sur le vivant et n'apparaît qu'après la mort, quand la rétine commence à se troubler. Elle est due à un pigment diffus, situé dans les couches qui se trouvent en dedans des cellules visuelles. La tache jaune, qui circonscrit la fossette, possède, comme le montre la figure 220, toutes les couches de la rétine : la couche de cellules multipolaires, celle des cellules unipolaires et bipolaires, ont des assises cellulaires même plus nombreuses que sur le reste de la rétine. Mais, chose importante, sur toute l'étendue de la tache jaune les cônes ont remplacé les bâtonnets.

En approchant des bords de la fossette centrale, les diverses couches de la rétine diminuent d'épaisseur et les couches tournées

vers le corps vitré disparaissent. Il ne reste plus, dans le fond même de la fossette, que les cellules visuelles (7) et les cônes (9); mais ces deux sortes d'éléments y sont disposés en assises puissantes. Il y a environ 2000 cônes dans la fossette centrale.

En résumé, la *plupart* des vertébrés ont, au pôle postérieur de l'œil, une fossette centrale où n'existent que les couches de l'épithélium sensoriel dépourvues de vaisseaux. C'est sur la fossette

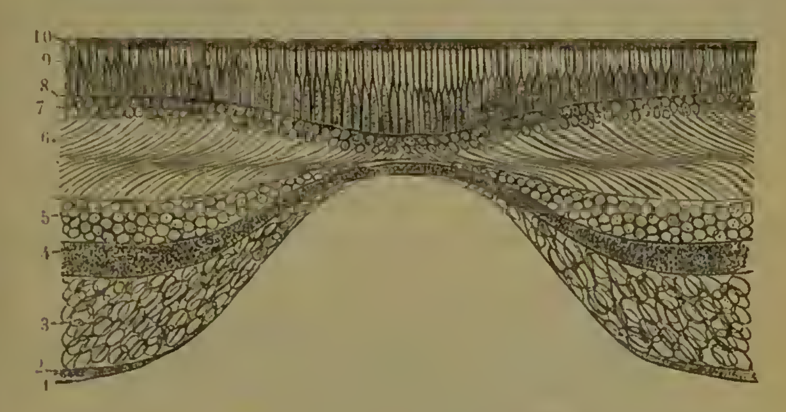


Fig. 220. — Coupe de la tache jaune et de la fossette centrale.

1, limitante interne; 2, couche des fibres du nerf optique; 3, cellules multipolaires; 4, plexus cérébral; 5, cellules unipolaires et bipolaires; 6, plexus basal; 7, cellules visuelles; 8, limitante externe; 9, cônes; 10, couche pigmentée de la rétine.

centrale que vient se faire l'image de l'objet qu'on fixe dans l'espace : *elle constitue la région visuelle par excellence.*

Rapports de la couche pigmentaire et de la rétine. — Les rapports de la rétine et de la couche pigmentaire sont très intéressants : si l'on sacrifie une grenouille, dont la rétine vient de subir l'action de la lumière, on voit que le pigment adhère à la rétine. Au sortir de l'obscurité, au contraire, le pigment reste attaché à la choroïde. En examinant de profil les couches de la cellule pigmentaire dont nous avons parlé (p. 354, fig. 215), ce fait s'explique aisément : le segment de la cellule qui est tourné vers la rétine se prolonge en une quantité de filaments, séparés les uns des autres par des intervalles. Vues en place, ces cellules pigmentaires (fig. 218) ont leurs prolongements engagés et infiltrés dans l'intervalle des cônes et des bâtonnets. Sur les albinos, cellules et prolongements sont toujours dépourvus de pigment. De même, lorsqu'on examine des animaux qui ont séjourné dans l'obscurité, on voit que les prolongements protoplasmiques sont libres de

pigment. Si l'on expose, au contraire, les animaux à la lumière et qu'on examine ensuite ces cellules, on voit que les granulations pigmentaires occupent toute l'étendue des prolongements.

La présence du pigment concorde avec une coloration spéciale de la rétine. Le médecin allemand Boll montra, en 1876, que si l'on tient les animaux dans l'obscurité, la rétine prend et garde une couleur rouge. Un autre médecin allemand, Kühne, prouva, en 1878, que cette couleur est due à une matière rouge qui imprègne le segment des bâtonnets tourné vers la choroïde. On lui a donné le nom de *rouge* ou *pourpre rétinien*. Le pourpre rétinien semble élaboré et sécrété par les cellules pigmentaires; il se détruit au contact de la lumière et favorise l'impression visuelle.

TROISIÈME ŒIL DES VERTÉBRÉS OU ŒIL PINÉAL

En examinant les figures qui représentent un encéphale de poisson (fig. 158), de batracien (fig. 159), d'oiseau (fig. 162), on constate, entre les lobes optiques et les lobes cérébraux, la présence d'un corps ou saillie médiane, qu'on a appelée *glande pinéale*, parce qu'elle ressemble à une pomme de pin (*pinea*). Chez l'homme (fig. 154, 12, p. 259), cet organe, gros comme un pois, est situé près des tubercules quadrijumeaux antérieurs. Il fut regardé par les anciens comme un organe servant à régler la circulation cérébrale. L'illustre philosophe Descartes, qui s'occupait beaucoup de médecine et d'anatomie, se ralliait encore, au XVIIe siècle, à l'idée de Galien que la *glande pinéale* était le *siège de l'âme* (voir p. 269). D'autres hypothèses, également erronées, eurent cours, quand des recherches toutes récentes montrèrent enfin la nature véritable de cet organe.

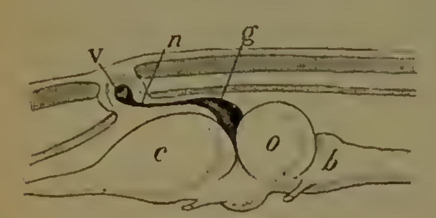


Fig. 221. — Encéphale de Lézard vu de profil dans la boîte crânienne.

b, bulbe; *o*, lobes optiques; *c*, cerveau, situé sous la peau, dans un trou limité par les os crâniens; *g*, base; *n*, pédicule, et *v*, globe constituant l'œil pinéal.

Nous avons vu que la membrane essentielle du globe oculaire est une excroissance de la vésicule cérébrale du jeune être. La glande pinéale est également une saillie de la paroi dorsale de cette même vésicule.

En l'étudiant chez les lézards, notamment chez quelques espèces des pays chauds, on voit que cet organe (fig. 221), situé entre les lobes optiques (*o*) et les lobes cérébraux (*c*), est formé d'un renflement (*g*), d'où part un filament qui va se terminer par une extrémité en forme de bouton ou *vésicule*. Le filament est un pédoncule formé de fibres nerveuses, comme le nerf optique, tandis que la vésicule superficielle est une sphère creuse (fig. 222), qui est logée dans un trou ménagé entre les os du crâne. La sphère creuse est un véritable œil. En effet, sa partie superficielle présente un renflement (*c*) comparable à un cristallin, tandis que sa partie profonde est formée de cônes semblables à ceux de la rétine, et constitue une rétine (*r*) impressionnable à la lumière.

Tel est l'œil pinéal des lézards, chez lesquels il est superficiel et

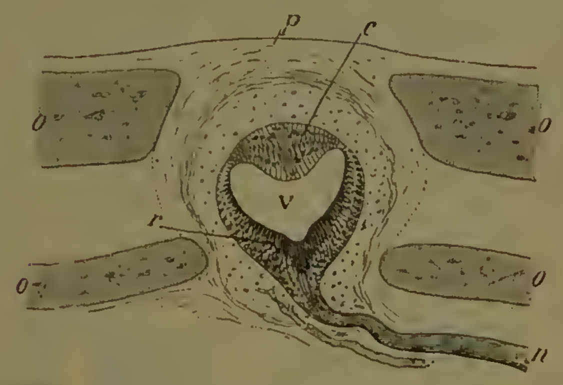


Fig. 222. — Œil pinéal de Lézard vu à un fort grossissement.

n, pédoncule ou nerf de l'œil pinéal ; *v*, vésicule optique ; *c*, cristallin ; *r*, rétine ; *o*, *o*, *o*, *o*, os du crâne limitant un trou recouvert par la peau (*p*) que traverse la lumière.

joue le rôle d'un troisième appareil de la vision. Chez les vertébrés supérieurs, cet organe est d'abord situé sur le dos de l'encéphale et se développe à l'origine comme chez les lézards. Mais chez les mammifères en particulier, et notamment chez l'homme, il est peu à peu recouvert par un lacis de vaisseaux sanguins et par les hémisphères cérébraux. De cette façon, il acquiert une situation profonde et devient un organe qui reste à un degré inférieur de développement. Il rentre dans le groupe des *organes rudimentaires*, qui sont sans usage, sans utilité pour les animaux qui les possèdent. Ils attestent uniquement par leur présence la place qu'ils occupent chez d'autres deespèces et sont une preuve de la parenté ces êtres.

PHYSIOLOGIE DE LA VISION

Milieux réfringents du globe oculaire. — L'œil de l'homme présente un appareil fonctionnant comme un système de lentilles convergentes, grâce auquel l'image d'un point pris dans l'espace se produit en un point de la rétine. Cet appareil se compose, d'avant en arrière (fig. 210) : 1° de la *cornée transparente*, que nous connaissons ; 2° de l'*humeur aqueuse* (B) ; 3° du *cristallin* (E) et 4° de l'*humeur* ou *corps vitré* (L et *g*).

Humeur aqueuse. — L'humeur aqueuse est un liquide limpide et transparent, contenu dans l'espace qui se trouve entre la cornée, l'iris et le cristallin, et qui s'appelle la *chambre antérieure*. La face postérieure de l'iris est appliquée sur la face antérieure du cristallin ; il en résulte qu'il n'existe pas d'espace vide à cet endroit, ni de prétendue chambre postérieure.

Cristallin. — Le *cristallin* (E et H) est une lentille biconvexe, transparente comme du cristal (*crystallos*) ; d'où son nom. Chez l'homme et les mammifères, il est mou à la périphérie, et plus con-

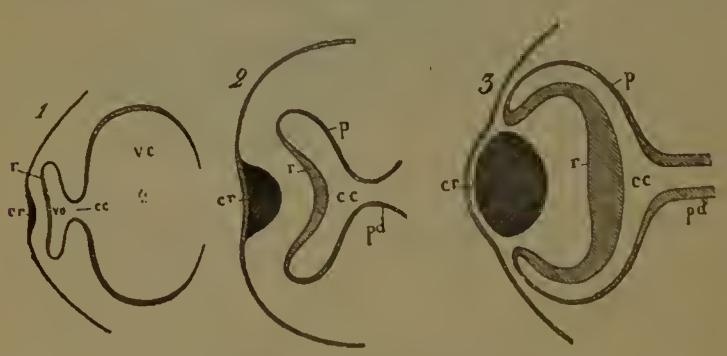


Fig. 223. — Développement de l'œil.

1, *cr*, cristallin ; *vc*, vésicule cérébrale qui a poussé le prolongement ou vésicule oculaire (*vo*) ; *r*, rétine ; *cc*, cavité cérébrale : 2, même signification des lettres ; *p*, pigment rétinien ; *pd*, pédoncule cérébral ; 3, le cristallin s'est détaché de la peau.

sistant vers le centre. Il est entouré d'une membrane mince, d'une grande ténacité et également très transparente : c'est la *capsule cristallinienne* ou *cristalloïde*. Quant à la constitution même du cristallin, elle est très simple : il dérive chez l'embryon d'un bourgeon épidermique (fig. 223, *cr*), qui se détache de l'épiderme et va

occuper l'entrée de la cupule rétinienne. Les cellules épithéliales qui tapissent la face postérieure de la cristalloïde s'allongent et forment de longues fibres, transparentes, qui se disposent en couches concentriques comme dans un bulbe d'oignon. Le cristallin est dépourvu de vaisseaux sanguins, comme l'épiderme dont il dérive.

Corps vitré. — Le *corps vitré* remplit l'espace qui se trouve entre le cristallin et la rétine. Il ressemble à une masse de gélatine contenue dans une membrane transparente, appelée *membrane hyaloïde* (*hyalos*, verre fondu) (fig. 224, *Hy*).

Appareil suspenseur du cristallin. — Près de la région ciliaire, l'hyaloïde s'épaissit en s'appliquant et en s'accolant intimement à la partie ciliaire de la rétine et de la choroïde : lorsqu'on arrache la choroïde à cet endroit, l'hyaloïde conserve les empreintes foncées des procès ciliaires. La figure 215 montre cet aspect sur la partie antérieure du corps vitré (*g*). On donne à cette portion antérieure épaissie de l'hyaloïde le nom de *zone de Zinn*, du nom du médecin bavarois qui l'a découverte vers 1750. En arrivant au niveau des *crêtes* des procès ciliaires, elle y adhère, sans pénétrer dans leurs intervalles : de ces crêtes elle envoie des fibres (fig. 224, *s*) qui vont, en s'entre-croisant, s'attacher les unes sur la face antérieure, les autres sur la face postérieure de la cristalloïde.

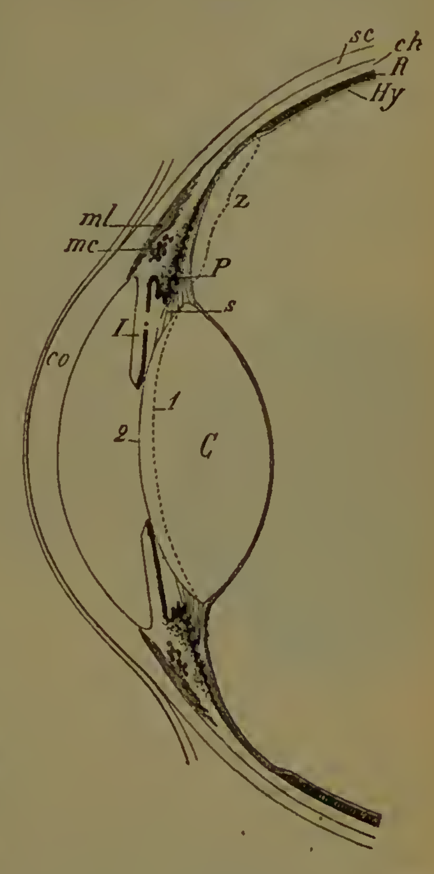


Fig. 224. — Partie antérieure du globe oculaire.

co, cornée; *sc*, sclérotique; *ch*, choroïde *R*, rétine, *Hy*, hyaloïde; *C*, cristallin; *Z*, zone de Zinn avec ses fibres (*s*); *P*, procès ciliaires; *mc*, faisceaux annulaires du muscle ciliaire; *ml*, ses faisceaux longitudinaux; 1 face extérieure du cristallin (à l'état de repos du muscle ciliaire); 2, face antérieure du cristallin à la suite de la contraction du muscle ciliaire (accommodation).

Ces fibres sont élastiques et résistantes et fixent solidement l'hyaloïde au cristallin, dont elles constituent un *ligament suspenseur*. En faisant pénétrer la pointe d'un tube de verre entre la zone de Zinn et la face antérieure du corps vitré, on peut insuffler un canal à aspect godronné entourant la grande circonférence du cristallin. Le chirurgien français Pourfour du Petit l'a injecté le premier en 1726 : d'où le nom de *canal de Petit* donné à cet espace circulaire (fig. 210, *G*).

Usages des milieux réfringents. — Nous voyons donc dans l'œil : 1° un système de lentilles qui font converger l'image sur une membrane ou plaque sensible, la *rétine*; 2° une couche noire, le *pigment rétinien*, qui semble jouer le même rôle que l'enduit noir







Fig. 225. — Expérience de Magendie.

dont on couvre l'intérieur des instruments d'optique. Il empêche, en effet, la réflexion des rayons lumineux arrivant au fond de l'œil. Entourant par leurs prolongements les cônes et les bâtonnets, les cellules pigmentaires éteignent toutes les vibrations lumineuses en contact avec la rétine et favorisent ainsi la pénétration plus intime de la lumière et son action sur la rétine. Les objets extérieurs viennent former sur la rétine une image *réelle*, mais *renversée*, de la même façon qu'un objet placé devant une lentille donne au delà du foyer principal une image réelle et renversée. Magendie, en plaçant devant une lumière l'œil d'un lapin *albinos*, dont la choroïde et la sclérotique laissent passer les rayons, constata que la flamme se voyait renversée sur la rétine. On peut faire l'expérience avec un œil de bœuf, sur la moitié postérieure duquel on a enlevé la sclérotique et la choroïde : la bougie (fig. 225) se peint renversée sur la rétine.

Pour construire l'image de la flamme de cette bougie, on consi-

dère l'ensemble des milieux réfringents (cornée, humeur aqueuse, cristallin, corps vitré) comme représentant une lentille unique, dont l'indice de réfraction serait de 1,40. La partie supérieure de l'objet lumineux (fig. 226) envoie un cône de rayons divergents, qui sont réfractés par le cristallin et forment une image sur un point de la rétine, au-dessous de l'axe passant par le centre du cristallin. De même les rayons partis de la partie inférieure de l'objet forment leur image au-dessus de l'axe. Les points intermédiaires de l'objet donnent de même des images *réelles et renversées*, et

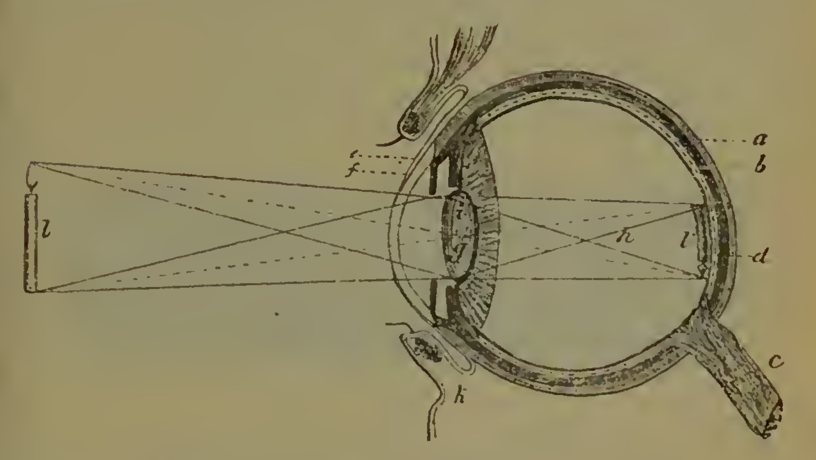


Fig. 226. — Marche des rayons lumineux dans l'œil.

a, sclérotique; *b*, choroïde; *c*, nerf optique; *d*, rétine; *e*, conjonctive; *f*, cornée; *g*, centre du cristallin (*i*); *k*, paupière inférieure; *h*, humeur vitrée; *l*, une bougie; *l'*, son image.

leur ensemble figure une image petite, réelle et renversée, qui se forme exactement sur la rétine quand l'œil est bien conformé.

Accommodation. — On appelle *foyer* d'un instrument d'optique le point où viennent converger les rayons lumineux en arrière de la lentille. L'image d'un objet n'est bien nette que si l'on met l'écran exactement au foyer de la lentille. En éloignant l'objet de la lentille, le foyer se rapproche et l'écran doit se rapprocher pour que l'image y soit nette. De même, en rapprochant l'objet, le foyer et l'image nette s'éloignent de la lentille.

La rétine semble se comporter tout différemment; en effet, nous voyons nettement aussi bien les objets rapprochés que les objets éloignés. En priant une personne de regarder une bougie placée à *une certaine distance* et, en regardant dans son œil, on y voit trois images : 1° une antérieure droite, placée près de la pupille : elle

est formée par la cornée (miroir convexe) ; 2° une moyenne, droite également : elle est formée par la face antérieure, convexe du cristallin ; 3° une postérieure, renversée, formée par la face postérieure concave du cristallin. Ces images ont été signalées par le médecin tchèque Purkinje, en 1825 (*images de Purkinje*).

En rapprochant la bougie de l'œil, on constate que l'image moyenne, fournie par la face antérieure du cristallin, change de place et se rapproche du cristallin. Le cristallin modifie donc sa courbure, ou se déplace, pour faire tomber l'image de l'objet sur la rétine. Le cristallin subit cette modification de courbure sous l'influence du muscle ciliaire (voir p. 331). L'œil s'adapte ou *s'accommode* ainsi aux distances.

Bien des faits démontrent la réalité de l'accommodation. Qu'il suffise de citer l'expérience suivante, facile à faire : si l'on vise



Fig. 227.

deux épingles placées à des distances différentes sur une règle horizontale, on voit l'une nettement et l'autre d'une façon confuse et *vice versa* (fig. 227).

Œil emmétrope. — Une personne qui a un œil bien conformé, dit normal ou *emmétrope* (*en métron*, conforme à la mesure, et *ops*, œil), lit ou écrit, à une distance de 25 centimètres, des lettres de un quart de millimètre. C'est là ce qu'on appelle la distance de la vision *distincte*. Il va de soi qu'elle lira aussi bien des lettres de 1 centimètre à 10 mètres[1].

De 25 centimètres à l'infini, cet œil aperçoit les corps lumineux. Les objets placés depuis l'infini jusqu'à 60 mètres environ donnent des rayons qui sont sensiblement parallèles, de sorte que l'image se fait (fig. 226) sur la rétine. Mais, à partir de 60 mètres, l'image se fait en arrière de la rétine, de sorte que chaque point de l'objet, au lieu de donner comme image un point, en donne plusieurs, qui sont disposés en un petit cercle, dit *cercle de diffusion*. C'est alors qu'intervient l'accommodation, pour ramener l'image sur la rétine.

1. Voyez, pour les détails, Ganot, *Traité de physique*.

Œil myope. — Une personne qui ne voit nettement que les objets les plus rapprochés (à 10 centimètres et moins) est *myope* (*myo*, je serre; *ops*, œil, parce que ces personnes ont l'habitude de rapprocher les paupières). Dans ce cas, l'image se forme en avant de la rétine, et ce défaut résulte d'une trop grande courbure de la cornée et du cristallin, ou de la longueur trop forte de l'axe antéro-postérieur de l'œil. On corrige la myopie par l'emploi de verres concaves, qui sont divergents et reportent plus en arrière l'image des objets.

Œil hypermétrope. — Le défaut de l'œil opposé au précédent consiste à ne voir nettement les objets qu'à une distance éloignée; on l'appelle *hypermétropie* (*hyper*, au delà; *métron*, mesure). Celle-ci résulte du peu de pouvoir réfringent des milieux de l'œil ou d'un axe antéro-postérieur trop court : dans ce cas, les images se forment en arrière de la rétine. Les hypermétropes ont besoin de verres convexes.

Presbytie. — L'effet de l'âge est de produire une infirmité qui consiste à ne voir distinctement qu'au delà de la distance de 50 à 60 centimètres. Le vieillard qui veut lire met le livre à la distance de la vision distincte, puis, ne voyant pas nettement, il éloigne le livre. C'est là la *presbytie* (*presbys*, vieillard).

Le muscle ciliaire s'affaiblit avec l'âge comme les muscles du squelette, et il en résulte un défaut d'accommodation, l'image se formant en arrière de la rétine. Ajoutons qu'avec l'âge les myopes deviennent presbytes, sans y voir aussi loin que les anciens emmétropes ou hypermétropes.

La rétine a une sensibilité spéciale. Son excitation produit des phénomènes lumineux et non de la douleur. Dans certaines opérations sur les yeux, où l'instrument du chirurgien pénètre jusqu'à la rétine, le malade n'accuse qu'une sensation vive de lumière.

Persistance des impressions de la rétine. — La durée des impressions de la rétine est d'une demi-seconde environ. Si les images visuelles se succèdent plus vite qu'elles ne s'effacent, elles se superposent et donnent lieu à une sensation unique. Le charbon ardent qu'on fait tourner donne l'impression d'un cercle lumineux. La roue qui tourne rapidement semble formée d'une seule pièce, parce que les intervalles des rayons disparaissent à la vue et semblent remplacés par une surface continue.

L'instrument de physique, devenu un appareil populaire, dit *phénakistiscope* (*phénax*, trompeur; *scopéin*, voir), est construit sur le principe de la persistance des impressions rétiniennes. Un disque (fig. 228) porte, à intervalles réguliers, une série de dessins représentant les divers mouvements qui se succèdent chez un

sauteur à la corde. Sur l'autre disque, il y a un nombre égal de fentes. En faisant tourner les deux disques et en regardant par l'une des fentes, on croit voir s'exécuter le mouvement tout entier du sauteur à la corde.

Vision des couleurs. — Lorsqu'on laisse tomber un rayon de lumière blanche sur un prisme triangulaire, il se décompose en sept couleurs visibles sur l'arc-en-ciel : *violet, indigo, bleu, vert, jaune, orangé, rouge.* On appelle *complémentaires* les couleurs qui, mélangées deux à deux, produisent du blanc. Un grand nombre

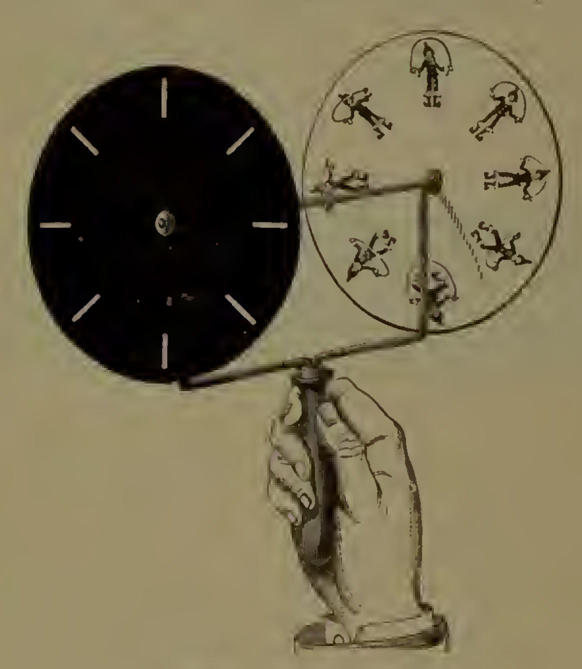


Fig. 228. — Phénakistiscope

d'illusions d'optique résultent du mélange des couleurs. Si l'on place un écran entre les deux yeux et qu'on reçoive isolément dans l'œil droit un rayon rouge et dans l'œil gauche un rayon bleu-verdâtre, on a la sensation de la lumière blanche. En faisant tourner rapidement un cercle divisé en secteurs de plusieurs couleurs, on a la sensation du mélange de ces couleurs, parce que l'image de l'une de ces couleurs se superpose à l'autre sur la rétine.

Si, après avoir fixé longtemps un cercle rouge, ou le soleil couchant, on tourne l'œil sur un fond blanc, on voit la couleur complémentaire, c'est-à-dire une tache bleu-verdâtre.

Quels sont les éléments de la rétine qu'impressionne la lumière

colorée? Ce seraient les cônes; en effet, le point de la rétine où nous voyons le plus nettement les couleurs est la fossette centrale, qui, nous le savons, n'a que des cônes. La nuit *tous les chats sont gris*, c'est-à-dire que les couleurs se confondent en une teinte grise commune. Aussi la rétine des animaux nocturnes (hibou, chauve-souris) ne possède-t-elle que des bâtonnets, et point de cônes.

D'autre part, si l'on fatigue la rétine en regardant longtemps du rouge, elle devient insensible au rouge. Ces faits semblent montrer que les cônes sont en rapport avec des fibrilles nerveuses dont les unes sont impressionnées par le rouge, d'autres par le vert, d'autres par le violet, etc. Ce qui paraît confirmer cette supposition, c'est que certaines personnes ne voient pas une ou plusieurs couleurs, bien qu'elles possèdent un œil normal et distinguent admirablement les différents degrés d'obscurité et de clarté. Le physicien anglais Dalton, ne voyant pas le rouge, fit une étude complète de son infirmité, qui reçut le nom de *daltonisme*. On compte 1 à 2 daltoniens sur 100 individus. « Pour eux, disait Arago, les cerises ne sont jamais mûres ».

Mais il y a des conséquences plus importantes au point de vue pratique : cette infirmité les empêche de distinguer les signaux rouges des signaux verts. Un daltonien peut, en ne voyant pas certaine couleur, être dans les services (marine, chemins de fer) où l'on se sert des couleurs comme signaux, la cause involontaire de catastrophes.

Ajoutons qu'il y a des daltoniens qui voient le rouge, mais sont aveugles pour le vert, qui leur paraît gris.

Irradiation rétinienne. — Les rayons lumineux ne limitent pas leur action aux points de la rétine qu'ils frappent directement, mais ils ébranlent les éléments voisins. C'est là ce qu'on appelle l'*irradiation rétinienne*. Ce phénomène fait que, si l'on regarde un cercle blanc sur un fond noir, le cercle blanc paraît toujours plus grand qu'un cercle foncé sur un fond blanc (fig. 229).

Si les objets sont colorés, il se produira autour de leur image un cercle de couleur complémentaire. En regardant un peu longtemps un disque rouge, le soleil couchant par exemple, on voit sur son pourtour une bande bleu-verdâtre[1].

Point aveugle. — La papille optique, étant dépourvue de membrane de Jacob, ne voit pas. Elle a reçu, pour cette raison, le nom de *punctum cæcum* (point aveugle). L'abbé Mariotte, prieur de Saint-Martin-sous-Beaune, près de Dijon, le reconnut le premier.

1. Voir dans Ganot, *Traité de physique : Contraste des couleurs, auréoles accidentelles*.

vers le milieu du XVII[e] siècle. Il est facile de s'assurer du fait. On tient verticalement une feuille de papier noir où sont tracés deux cercles blancs ; on les place sur la même ligne horizontale. On ferme l'œil gauche et on fixe le cercle gauche avec l'œil droit. On voit ainsi non seulement le cercle qu'on fixe, mais encore l'autre. En se rapprochant ou en s'éloignant de la feuille de papier, il arrive un moment où le cercle de droite disparaît complètement, parce que les rayons qui en partent forment leur image sur la papille optique. Ajoutons néanmoins que la papille n'est pas complètement insensible : une excitation très vive donne lieu, comme sur le





Fig. 229

nerf optique, à des sensations lumineuses, parce que, comme le nerf, elle est formée de fibres nerveuses.

ORGANES PROTECTEURS DE L'APPAREIL DE LA VISION

Le globe oculaire est logé dans une cavité de la face, l'*orbite*, ayant la forme d'une pyramide quadrangulaire (fig. 105, p. 169), à sommet postérieur et à base antérieure. Ses parois osseuses, qui protègent efficacement les organes de la vision, sont essentiellement formées, en haut par le frontal, en dehors par l'os de la pommette, en bas par la mâchoire supérieure et en dedans par des os qui séparent l'orbite de la fosse nasale.

Le globe oculaire est suspendu dans la cavité orbitaire. Divers muscles qui viennent s'y attacher peuvent le faire tourner de façon à diriger la pupille vers le point de l'espace que nous regardons et à amener l'image sur la tache jaune, qui est, nous le savons, la région de la vision distincte.

Ainsi que la tête du fémur tourne dans la cavité cotyloïde, il se meut dans une cupule conjonctive, dont les bords s'attachent au pourtour de l'orbite et dont la concavité entoure le globe oculaire jusque près de la cornée.

Muscles du globe oculaire. — Les muscles qui le meuvent sont au nombre de 6 chez l'homme et ils sont formés de fibres striées : la figure 230 montre leur

disposition dans une cavité orbitaire *gauche*, dont on a enlevé les parois externe et supérieure. Il y en a 5 qui partent du fond de l'orbite, où ils s'attachent au pourtour du nerf optique. Quatre de ces muscles ont un trajet antéro-postérieur : ce sont les *muscles droits* : l'un suit la paroi supérieure de l'orbite, le *muscle droit supérieur* (2) ; l'autre longe la paroi externe, *muscle droit externe* (4) ; le troisième, la paroi inférieure, *muscle droit inférieur* (5) ; le quatrième, la paroi interne, *muscle droit interne* (3). Arrivés sur le globe oculaire, les fibres musculaires se continuent avec un tendon aplati qui s'insère sur la sclérotique, près du limbe cornéen. L'action des muscles droits est très simple : les muscles droits interne ou externe, en se contractant, font tourner le globe oculaire de façon que son hémisphère antérieur, c'est-à-dire la pupille, se dirige en dedans

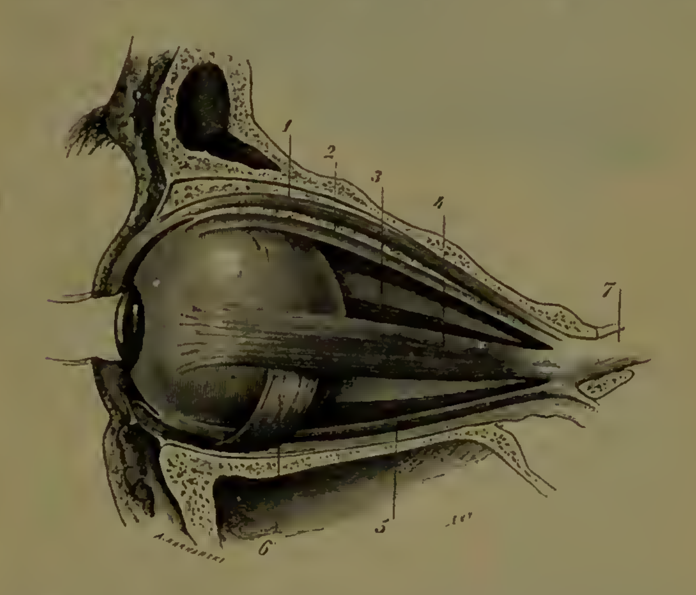


Fig. 250. — Globe oculaire vu par la face externe pour montrer ses muscles.

1, releveur de la paupière; 2, droit supérieur; 3, droit interne; 4, droit externe; 5, droit inférieur; 6, petit oblique; 7, nerf optique.

ou en dehors. Les muscles droits supérieur ou inférieur attirent la pupille en haut ou en bas ; mais, comme ces muscles ont un trajet oblique de dedans en dehors et d'arrière en avant, ils font en même temps dévier la pupille en dedans. Ils produisent la convergence des deux pupilles, c'est-à-dire le strabisme interne (*strabos*, louche).

Mais cet effet convergent est corrigé par deux *muscles obliques*. Le muscle grand oblique est bien visible sur la figure 251, en *g*, où l'on voit l'orbite par la face supérieure et le fond. Ce muscle s'attache au fond de l'orbite avec les quatre droits ; il suit d'abord la direction du droit interne (*e*), mais, en parvenant à l'angle interne de l'orbite, son tendon s'engage dans un anneau fibro-cartilagineux, qui lui sert de poulie. De là il se réfléchit pour se porter en arrière et en dehors et s'attacher à l'hémisphère postérieur de l'œil. En se contractant, son tendon réfléchi attire le pôle postérieur du globe oculaire en haut et en dedans, de sorte que la pupille se porte en bas et en dehors.

Le muscle petit oblique (fig. 250, 6 et fig. 251, *h*) s'attache à la partie antérieure et interne du plancher de l'orbite; de là il se dirige au-dessous du globe oculaire en arrière et en dehors et se fixe à la partie externe de l'hémisphère postérieur. En se contractant il attire ce dernier en bas et en dedans et dirige, par conséquent, la pupille en haut et en dehors.



Fig. 251. — Muscle du globe oculaire, vus par le fond de l'orbite.

a, *a'*, releveur de la paupière (sectionné par le milieu); *b*, orbiculaire; *c*, droit interne; *d*, droit supérieur; *e*, droit externe; *g*, *g'*, grand oblique; *h*, petit oblique; *l*, droit inférieur.

En déplaçant la pupille ou le regard, les muscles droits modifient l'expression de la physionomie. Le droit supérieur, qui élève la pupille ou le regard, est aussi appelé le *fier*; le droit externe, qui la porte en dehors, le *colère*; le droit inférieur, qui la porte en bas, l'*humble*; enfin le droit interne, qui la porte en dedans, est appelé le *buveur* ou muscle *des yeux doux*.

Paupières et conjonctive. — La portion antérieure du globe oculaire est protégée par deux voiles musculo-membraneux, les *paupières* : celles-ci, unies au globe par une membrane muqueuse appelée *conjonctive* (*conjungere*, relier), étalent au devant de lui les larmes, fournies par les *glandes lacrymales*. Il est facile de se rendre compte de la formation et de la disposition de ces parties en suivant leur développement. Sur les embryons de mammifères (fig. 252, 1), la peau (*p*) passe devant le globe oculaire (*o*) comme une membrane unie. Plus tard (fig. 252, 2), il se forme au-dessus et au-dessous du globe oculaire un bourrelet transversal, qui est l'ébauche des paupières supérieure (*ps*) et inférieure (*pi*). Les limbes de ces bourrelets, en se rapprochant l'un de l'autre, circonscrivent un sac (*s*) dont la partie postérieure revêt le globe oculaire, c'est la *conjonctive oculaire* (*co*), et dont la partie antérieure tapisse la face postérieure des paupières, c'est la *conjonctive palpebrale* (*cp*). Les deux angles où les conjonctives palpébrale et oculaire se continuent l'une avec l'autre, forment les culs-de-sac conjonctivaux supérieur (*s*) et inférieur (*i*).

En somme, la conjonctive est une partie de la peau qui, en se déprimant, a donné naissance à un double feuillet muqueux, dont l'un tapisse le globe oculaire et l'autre la face postérieure des paupières.

Ajoutons que les poissons manquent toute la vie de paupières et que la peau passe devant leurs yeux comme chez l'embryon des mammifères. Chez quelques poissons, voisins des requins, on trouve des bourrelets semblables à ceux qu'on voit sur la figure 252, 2; ils ont des paupières et une conjonctive rudimentaires.

Revenons à l'embryon des mammifères. En se rapprochant, les bords des paupières se soudent et le sac conjonctival est complètement fermé (fig. 252, 3). Cet état persiste chez les serpents, où la peau des paupières devient transparente dans la suite. Chez les mammifères, tels que le chat et le lapin, qui naissent les yeux fermés, les paupières sont soudées pendant quelques jours après la nais-

sance; mais plus tard les bords accolés deviennent libres (252, 4). En s'écartant, ils permettent à la lumière de pénétrer dans l'œil par l'ouverture palpébrale.

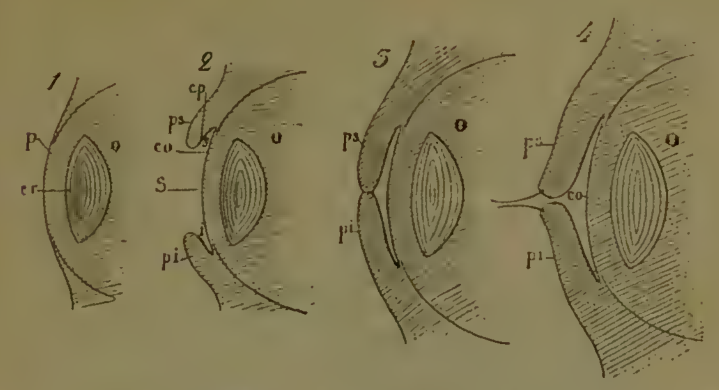


Fig. 252. — Mode de développement des paupières et de la conjonctive.

Sourcils et cils. — Sur la limite de la paupière supérieure se développe (fig. 254) une rangée de poils raides : ce sont les *sourcils*. Sur le bord libre des deux paupières apparaissent des poils arqués : ce sont les *cils*, accompagnés de *glandes sébacées*. On remarque de plus la présence de glandes en grappe, au nombre de 20 à 30, dans l'épaisseur des paupières supérieure et inférieure : ce sont les glandes décrites vers la fin du XVIIe siècle par le médecin hollandais Meibom : d'où le nom de *glandes de Meibomius* (253). Ces glandes ont une structure qui rappelle celle des glandes sébacées et sécrètent une humeur grasse qui enduit le bord libre des paupières et empêche l'écoulement des larmes sur la joue.

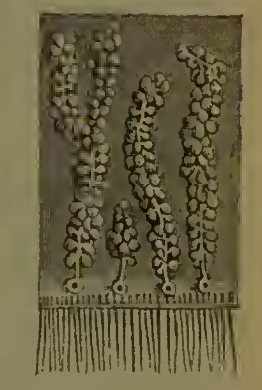


Fig. 253. — Glandes de Meibomius et cils d'une paupière dont on a enlevé la peau.

Les sourcils protègent les yeux contre les rayons lumineux qui arrivent d'en haut et contre la sueur qui découle du front.

Structure des paupières. — Les paupières sont, comme le montre le développement, des replis de la peau réunis aux angles interne et externe de l'œil. Chaque paupière possède une charpente sous la forme d'une lamelle fibreuse, placée dans toute la longueur de sa portion libre et creusée par les glandes de Meibom de sillons lui donnant l'aspect d'un gril : d'où son nom de *tarse* (*tarsos*, claie, gril). La consistance de cette lamelle en a imposé aux anatomistes, qui l'ont, à tort, appelée *cartilage* tarse. Elle a pour rôle de maintenir la paupière tendue au-devant du globe oculaire et d'empêcher son renversement dans les mouvements.

Les *cils*, qui garnissent le bord libre des paupières, défendent les yeux de l'action de la lumière et surtout arrêtent les poussières.

Le globe oculaire est très efficacement protégé par les paupières, dont la présence est nécessaire chez les mammifères : l'ablation d'une partie ou de la totalité des paupières produit des inflammations qui entraînent la perte des yeux.

Muscles des paupières. — Les paupières sont pourvues d'un appareil musculaire puissant. Sous la peau mince de chacune d'elles, on trouve une nappe de fibres musculaires striées dont la direction est transversale et dont on voit un faisceau sur la figure 251 en *b*. Ces fibres, en arrivant à l'angle externe de l'œil, se continuent : celles d'en haut avec celles d'en bas et *vice versa*, de façon à former un cercle complet : à l'angle interne, elles s'attachent sur le squelette de l'orbite. L'ensemble forme une bague musculaire, le muscle *orbiculaire* (*orbiculus*, petit cercle) des paupières ; en se contractant, ses fibres rapprochent le bord libre des paupières, de façon à soustraire les yeux à la lumière et aux influences nuisibles.

Glande lacrymale. — A l'angle externe du cul-de-sac conjonctival, il se développe une série de bourgeons glandulaires ; ceux-ci végètent de façon à former une glande, appelée *glande lacrymale* (*lacryma*, larme). La plus grande partie de la glande se loge dans une fossette située entre le globe oculaire et la voûte de l'orbite ; le reste est renfermé dans la paupière supérieure. Il y a 7 à 10 bourgeons, pourvus chacun d'un conduit excréteur. La glande lacrymale était déjà connue de Galien. Elle est peu volumineuse ; elle ne pèse que 70 centigrammes ; elle a la même structure que la parotide et sécrète les larmes de la même façon que celle-ci élabore la salive. Les larmes sont composées essentiellement d'eau, tenant un peu de chlorure de sodium en dissolution.

Usages des paupières. — Versées à l'angle externe de l'œil, le mouvement de clignement étale les larmes devant le globe oculaire. Cette nappe liquide empêche la cornée et la conjonctive de se dessécher. Une partie des larmes s'évapore, tandis que le reste va se réunir dans le cul-de-sac limité en arrière par la caroncule lacrymale, et sur les côtés par les bords des paupières, à l'angle interne de l'œil : cet espace s'appelle le *lac lacrymal*. Le bord de chaque paupière présente à ce niveau une petite saillie (*tubercule lacrymal*), percée d'un orifice (*point lacrymal*), d'où part un *conduit lacrymal*. Les larmes pénètrent dans le point lacrymal, suivent les deux conduits lacrymaux qui se réunissent dans une poche commune, le *sac lacrymal*, situé au fond de l'angle interne de l'œil. De l'extrémité inférieure du sac part un *canal*, dit *nasal*, qui, comme le montre la figure 202, 1, est contenu dans l'os maxillaire supérieur et va aboutir aux fosses nasales. Les larmes s'écoulent donc dans les fosses nasales. Les émotions pénibles se traduisent habituellement par le nasillement et le besoin de se moucher. Les larmes ne débordent sur les joues que lorsqu'elles sont sécrétées en quantité trop abondante.

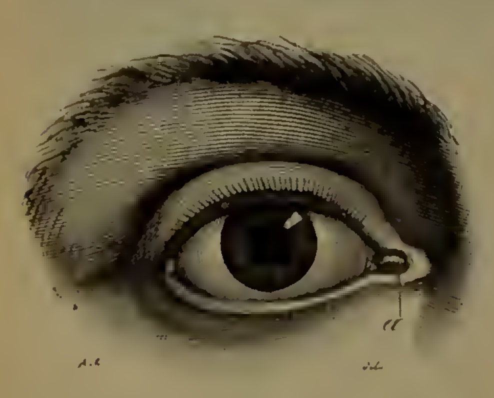


Fig. 254. — Œil droit et caroncule lacrymale *a*.

Un autre muscle, également strié, sert à relever la paupière supérieure, à élargir la fente palpébrale et à permettre l'entrée de la lumière. C'est le *muscle releveur de la paupière supérieure*. La figure 250, 1 le montre dans toute son étendue, tandis que sur la figure 251 il a été coupé par le milieu et on ne voit que ses extrémités (*a* et *a'*) : il s'attache en arrière au même endroit que les muscles droits et se fixe, en avant, sur le bord supérieur du tarse de la paupière supérieure. En se contractant, le releveur élève la paupière supérieure. Pendant l'état de veille, le muscle orbiculaire et

le releveur de la paupière supérieure agissent tour à tour et produisent ainsi le *clignement*. C'est un mouvement réflexe, dont nous n'avons point conscience, et qui a pour résultat d'étaler les larmes sur la conjonctive et de soustraire momentanément l'œil à l'action de la lumière. Les rayons lumineux, en agissant sur la conjonctive, déterminent une sensation dont nous avons conscience si nous résistons au clignement, et qui aboutit à la contraction du muscle orbiculaire. Toute irritation de la conjonctive augmente le besoin de cligner.

Nous avons vu que la conjonctive n'est qu'un dérivé de la peau. Aussi à l'angle interne de l'œil reste-t-il un petit territoire qui se présente sous la forme d'une saillie jaune rougeâtre appelée la *caroncule lacrymale* (fig. 254) (*caruncula*, petit morceau de chair). C'est un îlot de peau qui est garni de poils rudimentaires et de quelques glandes en grappe. A la limite de la caroncule et de la conjonctive, il existe un léger pli (*pli semi-lunaire*), qui présente parfois un

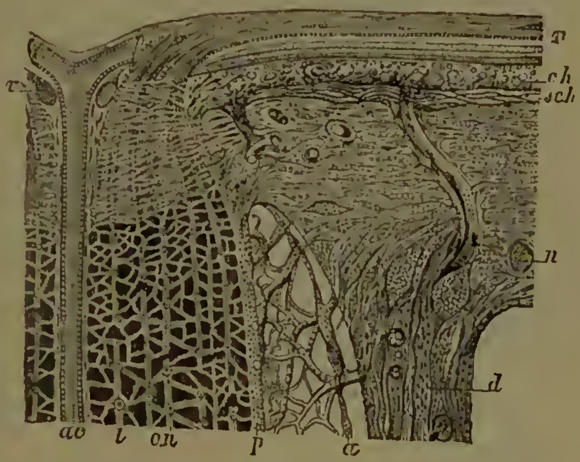


Fig. 255. — Coupe du fond du globe oculaire et du nerf optique pour montrer la continuation des méninges avec les membranes de l'œil (d'après Retzius).

ac, Artère centrale de la rétine, dans le nerf optique (*on*).

nodule cartilagineux chez l'homme : c'est le rudiment de la troisième paupière, bien développée chez beaucoup de mammifères et chez les oiseaux.

Nerfs de l'appareil de la vision. — L'appareil visuel n'est, en dernière analyse, comme le montrent le développement et la structure, qu'une expansion du cerveau. On désigne la partie essentielle de l'appareil visuel sous le nom de *nerf optique* et de *rétine*. Celle-ci est, en réalité, un *lobule cérébral*, relié au reste de l'encéphale par la commissure appelée à tort *nerf optique*.

Les membranes qui entourent ce lobule cérébral ne sont également que des prolongements des méninges crâniennes. La figure 255 montre une section longitudinale du prétendu nerf optique et de ses enveloppes. Ces dernières sont disposées autour de lui dans le même ordre que les méninges autour de l'encéphale. Le nerf optique est formé par des fibres nerveuses à myéline, comme celles de la substance blanche du cerveau et sans gaine de Schwann. En arrivant à la papille, elles vont constituer le plan désigné sous le nom de *couche des fibres du nerf optique*. Tout autour du nerf optique se trouve une membrane conjonctive très vasculaire (*p*), continuation de la pie-mère crânienne et envoyant des cloisons conjonctives (*l*) entre les fibres du nerf optique (*on*). Cette gaine se

continue avec la membrane vasculaire de l'œil ou choroïde (*ch*). En dehors de la pie-mère est une toile séreuse, lâche, l'arachnoïde (*a*), qui fait suite à l'arachnoïde crânienne et s'interpose plus loin sous la forme d'une membrane celluleuse entre la choroïde et la sclérotique oculaires.

Enfin, superficiellement, on voit une gaine fibreuse (*d*) qui relie le nerf optique à la dure-mère crânienne. En arrivant au globe oculaire, la gaine fibreuse devient la sclérotique (depuis *sch* jusqu'à *n*).

Le nerf optique et la rétine sont donc, comme l'encéphale dont ils dérivent, revêtus par les trois méninges (pie-mère, arachnoïde, dure-mère).

Le nerf de sensibilité générale de l'œil est le même que celui de la face : c'est le trijumeau ou 5ᵉ nerf crânien. Celui-ci fournit une branche volumineuse, décrite par le médecin anglais Willis vers le milieu du XVIIᵉ siècle : d'où le nom de ***nerf ophtalmique de Willis***. Grâce aux filets fournis par celui-ci et le nerf maxillaire supérieur, la conjonctive jouit d'une sensibilité exquise ; de plus, ce nerf a une influence sur la nutrition du globe oculaire ; quand il est sectionné, la cornée s'ulcère et l'œil est perdu.

Les autres nerfs servent à animer les muscles de l'œil : le muscle orbiculaire reçoit des filets du facial ou 7ᵉ nerf crânien, qui a sous sa dépendance tous les muscles superficiels de la face. Dans les paralysies du facial, l'œil est ouvert et ne peut plus se fermer.

Le 3ᵉ nerf crânien, ou ***oculo-moteur commun***, anime les muscles droits du globe oculaire, sauf le droit externe ; de plus, il anime le muscle petit oblique et le releveur de la paupière. Il fournit également des filets, par les nerfs ciliaires, au ***muscle ciliaire*** et au ***sphincter de l'iris***. Quand l'oculo-moteur commun est sectionné ou paralysé, la pupille est tournée en dehors (***strabisme externe***) ; la paupière supérieure tombe et la pupille est dilatée.

Le 4ᵉ nerf crânien, ou ***pathétique***, innerve le muscle grand oblique : quand celui-ci est paralysé, la pupille regarde en haut et en dehors, parce que le petit oblique continue à faire tourner le globe oculaire dans ce sens.

Enfin, le 6ᵉ nerf crânien, ou ***oculo-moteur externe***, se rend au muscle droit externe ; si ce nerf n'agit plus, la pupille est tournée en dedans, du côté du nez (***strabisme interne***).

ORGANE DE L'OUÏE

Le son est un mouvement vibratoire. Tous les hommes, même les sourds, sentent les vibrations d'une corde qui vibre. Pour que les vibrations donnent lieu à une impression sonore, il faut qu'elles se fassent avec une certaine rapidité, au moins 32 par seconde, et qu'elles fassent impression sur un organe particulier, l'organe de l'audition.

Organe de l'ouïe chez les animaux inférieurs. — Pour que l'oreille perçoive les vibrations d'un corps, il faut qu'un milieu élastique (solide, liquide ou gazeux) reçoive les vibrations du corps sonore et les transmette à l'organe de l'audition. Les solides et les liquides transmettent plus facilement les vibrations que l'air (milieu gazeux). Aussi trouve-t-on les organes auditifs les plus simples chez les êtres aquatiques. Chez les crustacés, par exemple, l'or-

gane de l'ouïe se compose de petites poches dont l'intérieur est baigné par le liquide ambiant; la surface intérieure de ces poches est tapissée de cellules munies de *cils* ou *soies* rigides, de différentes longueurs. Ces cellules sont en relation, d'autre part, avec des filets nerveux, de sorte que les vibrations du liquide ambiant ébranlent directement les cils ou soies, qui transmettent la vibration aux nerfs.

Chez d'autres animaux inférieurs (polypes, vers, mollusques), la poche est fermée; elle est devenue une vésicule close (fig. 256), revêtue de cellules (*cc*) à cils vibratiles, entre lesquels se trouvent des cristaux ou des concrétions (*o*). Les vibrations du milieu liquide extérieur se transmettent au milieu liquide intérieur (E), *endolymphe* (*endo*, dedans), et celui-ci agit sur les cils des cellules comme plus haut.

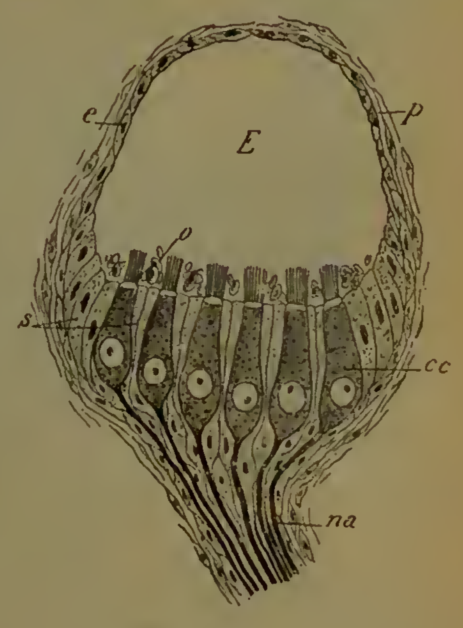


Fig. 256. — Vésicule auditive.

na, nerf auditif aboutissant à la tache auditive, constituée par des cellules auditives ciliées (*cc*) et des cellules de soutien (*s*); *p*, paroi conjonctive; *e*, épithélium plat; E, endolymphe; *o*, otolithes.

Chez quelques poissons inférieurs, voisins de la lamproie, l'appareil auditif est encore composé d'un petit *sac plein de liquide*, revêtu intérieurement d'un épithélium cilié semblable, et en relation avec le nerf auditif.

Origine de l'organe de l'ouïe. — Ce qu'il y a de remarquable, c'est que la partie fondamentale de l'appareil de l'ouïe débute, chez tous les vertébrés, même les mammifères et l'homme, par une dépression du feuillet superficiel (*ectoderme*) de la peau, au niveau du bulbe (fig. 257). C'est d'abord une fossette, qui perd peu à peu toute relation avec la peau; mais le pédicule qui résulte du rapprochement des lèvres de la fossette persiste sous la forme d'un canal, qui va s'ouvrir sous la dure-mère et qui s'appelle le *canal endolymphatique*.

Cette fossette, devenue vésicule, est la partie fondamentale de

l'oreille; on l'appelle l'*oreille interne*. Elle modifie rapidement sa forme chez les vertébrés : sa partie moyenne, ou *vestibule*, donne naissance à quatre canaux secondaires, dont trois sont en demi-cercle ou *demi-circulaires*, tandis que le quatrième, contourné en spirale chez l'homme et les mammifères, prend le nom de *limaçon*. Aussi a-t-on comparé cet ensemble compliqué à un labyrinthe, dont toutes les parties sont remplies d'endolymphe.

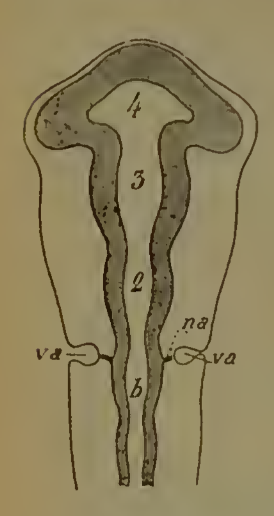


Fig. 257.

b, bulbe; 2, 3, 4, vésicules de l'encéphale; *na*, nerf auditif; *va*, vésicule auditive, largement ouverte à gauche, sur le point de se fermer à droite.

Perfectionnement de l'organe de l'ouïe chez les animaux supérieurs. — L'air transmet moins bien les vibrations que les corps solides et liquides, et le son passe difficilement de l'air dans l'eau. Aussi voit-on, chez les animaux à vie aérienne, s'ajouter à l'oreille interne une *caisse*, *tympan*, ou *tambour*, formant l'*oreille moyenne*. Celle-ci facilite le passage des ondes du milieu gazeux dans le milieu liquide de l'oreille interne. Enfin, pour concentrer les ondes et pour juger de leur direction, une sorte de cornet acoustique vient encore perfectionner l'appareil : c'est l'*oreille externe*.

Oreille externe. — Les anciens ne connaissaient que l'oreille externe, désignée encore habituellement par le terme d'*oreille*. On l'a comparée à l'extrémité évasée d'un cor, à une conque marine : d'où le nom de *pavillon de l'oreille*, ou *conque auditive* (fig. 258, A), se continuant en dedans par une dépression profonde avec un conduit, le conduit auditif externe (B).

Pavillon de l'oreille. — Le pavillon de l'oreille (A) a la forme d'une coquille présentant de nombreuses saillies et dépressions, et dont la partie interne est rattachée à la tête. Sa configuration est maintenue par un squelette fibro-cartilagineux composé de plusieurs pièces, qui sont unies par des ligaments et des muscles striés. Les uns rattachent le pavillon à la peau du crâne, les autres vont d'une région du pavillon à l'autre; mais chez l'homme ces divers muscles sont rudimentaires, puisque, sauf quelques exceptions, l'homme n'a point la faculté de mouvoir volontairement le pavillon de l'oreille. Il n'en est pas de même de la plupart des mammifères, dont la conque prend un développement considé-

rable et qui peuvent la diriger dans toutes les directions pour recueillir les bruits, les avertissant de la présence de la proie ou de l'approche de l'ennemi. Ils sont capables, en un mot, de diriger leur pavillon vers les ondes sonores.

La peau qui recouvre le pavillon se continue avec celle du conduit auditif externe (B). Celui-ci est formé, dans sa moitié externe,

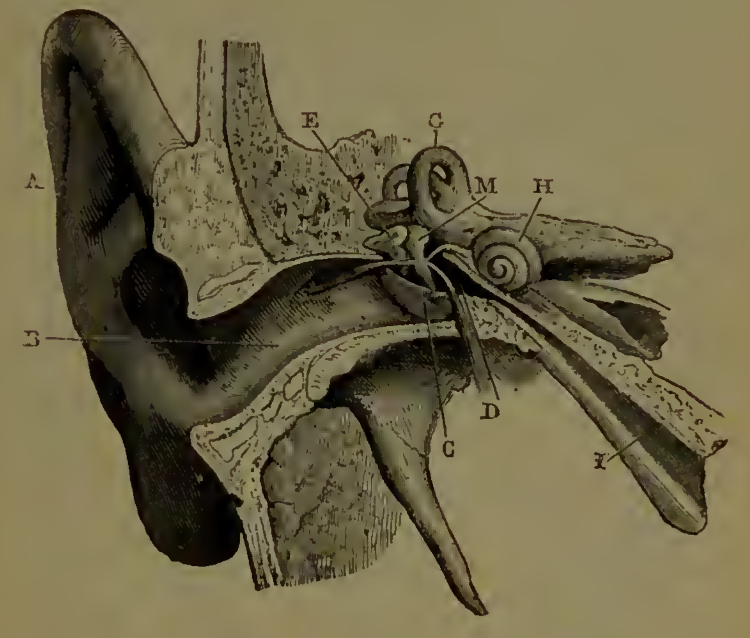


Fig. 258. — Vue d'ensemble de l'oreille.

A, pavillon; B, conduit auditif externe (ouvert); C, membrane du tympan; D, caisse du tympan (ouverte par en haut); E, enclume; M, marteau; G, canaux demi-circulaires; H, limaçon; I, trompe d'Eustache (ouverte).

d'un tube cartilagineux et, dans sa moitié interne, d'un squelette osseux.

La peau du conduit auditif externe est pourvue de poils rudimentaires et de glandes sébacées : les glandes sudoripares y deviennent énormes. Ce sont les *glandes sébacées* qui sécrètent l'humeur onctueuse, épaisse, de couleur jaunâtre, connue sous le nom de *cérumen* (*cerumen*, cire). Celui-ci remplit le conduit auditif externe et empêche la pénétration des poussières.

Ici donc, comme sur tout le reste du corps, la sécrétion grasse, huileuse, est due aux glandes sébacées. Celles-ci méritent ainsi, dans le conduit auditif externe, le nom de *glandes cérumineuses*.

Membrane du tympan. — Au fond du conduit auditif, la peau forme un revêtement complet et s'applique sur la face extérieure d'un feuillet fibreux, dont la face intérieure est revêtue d'une membrane muqueuse. L'accolement de ces trois feuillets constitue la *membrane du tympan* (fig. 258, C). C'est une membrane mince, mais très résistante, d'une étendue d'un centimètre carré environ, dont la face externe est concave au centre, tandis que la face interne présente à ce niveau une convexité faisant saillie dans l'oreille moyenne. Dans la figure 258, la forme de la membrane du tympan est juste le contraire de la réalité; la figure 245, 2, donne une excellente idée de sa configuration, bien qu'on ne voie que la moitié inférieure de cette membrane.

Jusqu'au XVIe siècle, on pensait que le siège de l'ouïe était placé dans la membrane du tympan.

Oreille moyenne. — La membrane du tympan forme une cloison de séparation complète entre l'oreille externe et l'oreille moyenne. Les anciens croyaient que l'oreille finissait au niveau de cette membrane. A la Renaissance seulement, les médecins de l'École italienne firent connaître les parties essentielles de l'appareil auditif. Ces parties sont, il est vrai, de dimensions bien minimes et creusées dans une pièce si dure de l'os temporal, qu'elle a reçu le nom de *rocher*. A la face interne de la membrane du tympan, on voit une cavité en forme de tambour, large de 2 millimètres seulement au centre, mais haute de 2 centimètres : c'est la *caisse du tympan* (*tympanon*, caisse de tambour) (fig. 258, D, et fig. 245, 5). Le médecin de Charles-Quint, Vésale, et ses élèves, y découvrirent successivement trois osselets, formant une chaîne articulée et étendue de la membrane du tympan à la paroi interne de la caisse. L'osselet le plus externe rappelle plus ou moins un marteau; aussi lui a-t-on imposé ce nom (fig. 258 et 259, M). Il présente une *tête* (fig. 240, 5, A), articulée avec le second osselet, et plusieurs prolongements : le plus fort, *manche du marteau*, s'engage dans l'épaisseur de la membrane du tympan et l'incline en dedans (comme on le voit sur la figure 245). Le second osselet a la forme d'une dent molaire à

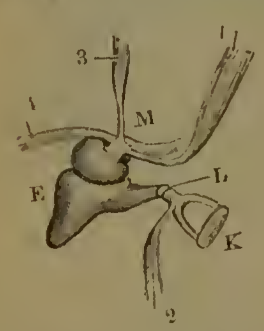


Fig. 259. — Osselets de l'oreille moyenne, articulés avec leurs muscles et ligaments.

E, enclume; M, marteau; L, apophyse lenticulaire; K, étrier; 1, muscle du marteau; 2, muscle de l'étrier; 3 et 4, ligaments qui rattachent la chaîne osseuse aux parois de la caisse du tympan.

deux racines de longueur inégale (240, 2) ; la longue racine ou *longue branche*, après s'être portée en bas, se recourbe en crochet en dedans (fig. 240, 3, *D*) et présente un tubercule arrondi, l'*apophyse lenticulaire* (*E*), détachée artificiellement de l'enclume sur la figure ci-jointe. Cette apophyse met l'enclume en rapport avec la tête d'un osselet en forme d'anneau, qui rappelle exactement un *étrier* (*F*); de là son nom. La base de l'étrier s'enfonce dans une ouverture (*fenêtre ovale*) que présente la paroi interne de la caisse. Sur le vivant, elle bouche complètement la fenêtre ovale.

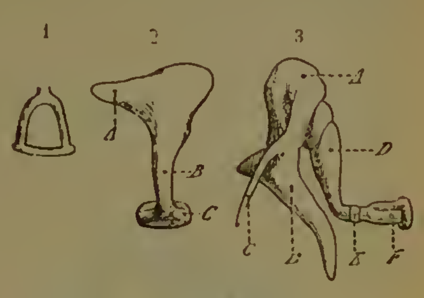


Fig. 240.

1, étrier ; 2, enclume ; *A*, sa courte branche ; *B*, sa longue branche ; *C*, étrier ; 3, *A*, tête du marteau ; *C*, apophyse grêle ; *B*, manche du marteau ; *D*, longue branche de l'enclume ; *E*, apophyse lenticulaire ; *F*, étrier.

Ces osselets sont fixés aux parois de la caisse par des ligaments, dont on voit deux dans la figure 239, 3 et 4 ; de plus, ils sont mobiles les uns sur les autres. Les muscles qui les meuvent furent découverts au XVIe siècle par Eustachi, médecin du cardinal d'Urbino, qui lui conserva sa place lorsqu'il fut élu pape. Ces muscles sont au nombre de deux : le *muscle du marteau* (1) et le *muscle de l'étrier* (2). Le muscle du marteau s'attache d'une part à la partie antérieure de la caisse, et au marteau d'autre part. En se contractant, ce muscle attire en dedans la membrane du tympan et sert à la tendre. Le muscle de l'étrier s'insère sur la partie postérieure de la caisse et va s'attacher à la partie postérieure de la tête de l'étrier (fig. 239, 2); il imprime des mouvements de bascule à la chaîne des osselets.

En arrière, la caisse du tympan se prolonge dans des cavités osseuses qui sont creusées dans la saillie située derrière le pavillon de l'oreille (*apophyse mastoïde*) ; en avant, comme Eustachi l'a découvert, elle se continue avec un canal, d'abord osseux, puis cartilagineux, qui s'évase en pavillon avant de s'ouvrir dans la portion nasale du pharynx : il porte le nom de *trompe d'Eustache* (fig. 243, 4). C'est par ce canal que l'oreille moyenne communique avec le pharynx et, par son intermédiaire, avec l'air l'extérieur.

A chaque mouvement de déglutition, le pavillon de la trompe s'ouvre et permet à l'air de pénétrer dans la caisse du tympan. Celle-ci est revêtue, comme les osselets, d'une muqueuse

semblable à celle de la portion nasale du pharynx, c'est-à-dire pourvue de cils vibratiles, sauf au niveau de la membrane du tympan, où l'on voit un épithélium pavimenteux stratifié.

Oreille interne. — Les parties dures de l'oreille interne ont été découvertes et étudiées vers 1562 par le médecin italien Fallope, élève de Vésale et contemporain d'Eustachi. La conformation de ces parties est si compliquée, qu'elles ont reçu le nom de *labyrinthe osseux*. Elles sont creusées dans l'épaisseur du rocher et



Fig. 241. — Labyrinthe osseux de l'oreille droite vu par sa face externe.

1, vestibule; 2, rampe tympanique; 3, rampe vestibulaire; canaux demi-circulaires : *vi*, canal vertical inférieur; *vs*, canal vertical supérieur; *h*, canal horizontal; *o*, fenêtre ovale; *i*, conduit auditif interne.

forment la charpente enveloppant les parties molles de l'oreille interne.

La figure 241 donne l'ensemble du labyrinthe osseux grossi : on voit dans la partie moyenne, en 1, une cavité centrale, le *vestibule*, ayant à peine un demi-centimètre de diamètre; en arrière, trois canaux recourbés en cercle : l'un vertical et perpendiculaire à l'axe du rocher : il est dit *vertical supérieur* (*vs*); l'autre vertical et parallèle à l'axe du rocher : c'est le *vertical inférieur* (*vi*); le troisième, horizontal (*h*). Ils n'ont qu'une longueur de 1 centimètre à 1cm,5 et un diamètre de 1mm,5 en moyenne. Enfin, en avant du vestibule, on observe un canal spiral dont l'axe est

perpendiculaire au rocher et rappelant la forme d'une coquille d'escargot : c'est le *limaçon* (2 et 3).

En 1684, l'étudiant en médecine italien Valsalva, le futur maître du grand Morgagni, découvrit les parties molles de l'oreille interne, c'est-à-dire le *labyrinthe membraneux*, dont la forme reproduit le moule du labyrinthe osseux.

Canaux demi-circulaires. — Les *canaux demi-circulaires membraneux* sont des conduits occupant la moitié des conduits osseux, auxquels ils sont rattachés par des filaments conjonctifs. Chacun présente à une de ses extrémités un renflement ou *ampoule* (fig. 243, 18, 19, 20), sur laquelle on observe un épaississement sous forme de pli transversal, blanc-jaunâtre, la *crête auditive*. A celle-ci aboutissent des filets du nerf auditif (fig. 244).

Vestibule. — Le vestibule osseux présente deux fossettes, logeant chacune un petit sac : l'une, postérieure et supérieure, de forme ovale, renferme l'*utricule* (*uter*, outre) (17) et (fig. 244, U) communiquant avec les canaux demi-circulaires; l'autre, antérieure et inférieure, est hémisphérique et contient le *saccule* (21) (fig. 244, S), qui se continue par un fin canal (*canal de réunion*) avec la partie membraneuse du limaçon. L'utricule et le saccule présentent chacun un épaississement sous forme de tache d'un blanc nuageux, *tache auditive*, où viennent se rendre des rameaux du nerf auditif.

Limaçon. — Le limaçon membraneux n'est, chez les poissons, les batraciens et les reptiles, qu'un diverticule très simple du saccule. Chez les oiseaux, il commence à s'enrouler. Chez les mammifères, il décrit deux à trois tours de spire. Pour comprendre sa constitution complexe, il convient de dire quelques mots du limaçon osseux. Celui-ci est un cône creux, dont la base est tournée en dedans (fig. 243), vers le fond du conduit auditif interne (14) et dont le sommet regarde la caisse du tympan. Sur une coupe (fig. 242), on voit que le contour osseux, *lame des contours* (C), est enroulé en spirale autour d'un axe osseux, la *columelle*. Autour de celle-ci s'enroule une lamelle osseuse, la *lame spirale* (B), qui partage le cône creux en deux rampes. Le bord libre ou externe de la lame spirale osseuse n'ar-

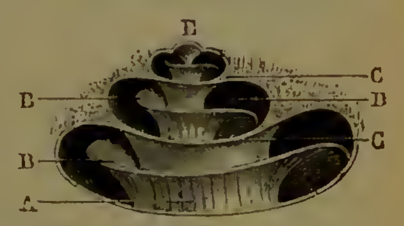


Fig. 242. — Le limaçon, ouvert, pour montrer les deux tours et demi qu'il forme.

B, B, lame spirale, dans laquelle on voit les filets nerveux A; C, lame des contours; D, rampe vestibulaire; E, sommet du limaçon.

rive pas au contact de la lame des contours, mais elle est complétée par une *lame membraneuse* (*lame spirale membraneuse*) qui s'étend du bord externe de la spirale osseuse à la face interne de la lame des contours.

Cette lame spirale, partie osseuse, partie membraneuse, divise le cône creux spiral en deux rampes : l'une, dont la base est en continuité avec l'espace du vestibule situé entre le saccule et le vestibule osseux : c'est la *rampe vestibulaire* (fig. 241, 3), qui commence près de la fenêtre ovale. L'autre commence également à la paroi interne de la caisse du tympan, dont elle est séparée par une membrane arrondie (*membrane de la fenêtre ronde*) : c'est la *rampe tympanique* (2). Au sommet de la columelle (fig. 242, E), les deux rampes communiquent l'une avec l'autre.

La lame spirale membraneuse n'est pas pleine : elle représente un conduit, le *limaçon membraneux*, encore appelé *canal cochléaire* (*cochlea*, limace). Il a la forme d'un prisme triangulaire : en dehors, il tapisse la lame des contours; du côté de la rampe tympanique, il est limité par une membrane dite *basilaire*, et, du côté de la rampe vestibulaire, par une autre membrane, découverte en 1854 par le médecin allemand Reissner : c'est la *membrane de Reissner*. Le canal cochléaire se continue avec le saccule par le canal de réunion, et, après avoir décrit près de trois tours de spire, après un trajet de 3 centimètres, il se termine en cul-de-sac près du sommet du limaçon. Il contient, comme nous le verrons plus loin, l'appareil nerveux terminal du limaçon.

Après avoir découvert le labyrinthe membraneux, Valsalva montra que l'oreille interne renferme un liquide et non un *fluide aériforme*, tel que celui qu'on trouve dans un os desséché, d'après l'opinion régnante d'alors. Le liquide découvert par Valsalva est la *périlymphe*, qui sépare le labyrinthe osseux du labyrinthe membraneux (fig. 244, *p*).

Bien plus tard, vers 1794 seulement, le médecin italien Scarpa constata qu'un autre liquide remplit tout le labyrinthe membraneux (canaux demi-circulaires, utricule, canal endolymphatique, saccule, canal cochléaire du limaçon) : c'est là l'*endolymphe* (fig. 236, E).

Cette disposition nous ramène au schéma (*schéma*, figure simplifiée) de la vésicule auditive des animaux inférieurs, que nous avons vue remplie de liquide et baignant dans un milieu également liquide.

Nerfs de l'oreille interne. — Voyons maintenant les nerfs qui aboutissent à l'oreille interne et la façon dont ils s'y terminent. A la face interne du rocher existe un conduit, le *conduit auditif interne* (fig. 241, 1, et 245), dans lequel s'engagent le nerf *facial* (7ᵉ nerf crânien), le *nerf intermédiaire de Wrisberg* et l'*auditif*

(8e nerf crânien). Parvenus au fond du conduit auditif interne, le facial et le nerf intermédiaire de Wrisberg se séparent du nerf auditif et pénètrent par un canal, à trajet compliqué, dans le rocher : c'est l'*aqueduc de Fallope*.

Quant au nerf auditif, il se divise au fond du conduit auditif

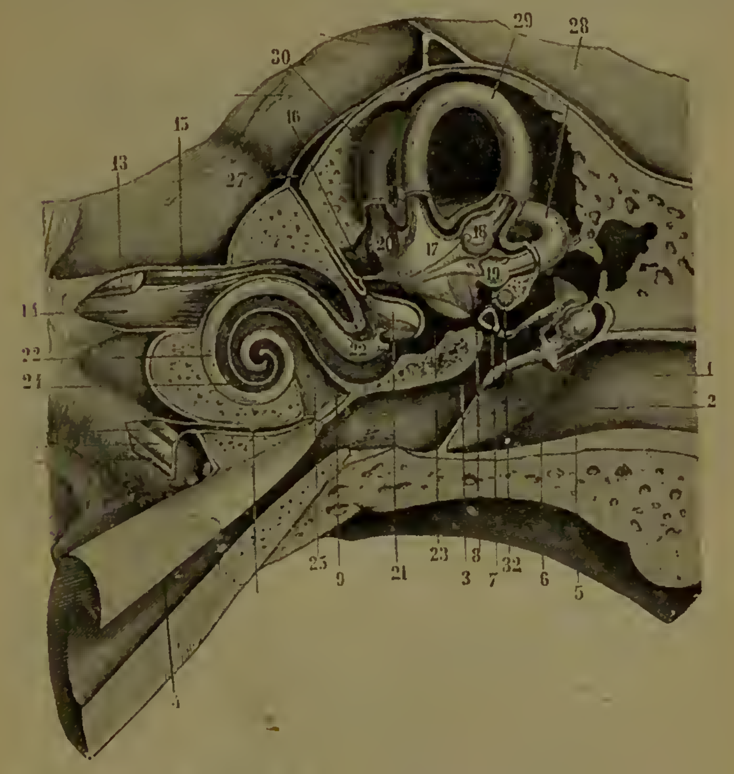


Fig. 243. — Ensemble de l'oreille, pour montrer les parties membraneuses et les parties osseuses (d'après M. Boucheron).

1, conduit auditif externe; 2, tympan; 3, caisse du tympan; 4, trompe d'Eustache; 5, marteau; 6, enclume; 7, étrier; 8, fenêtre ovale; 9, fenêtre ronde; 13, nerf facial (coupé); 14 et 15, nerf auditif; 16, branche de ce nerf se rendant à l'ampoule 20; 17, utricule; 18, 19 et 20, ampoules des canaux demi-circulaires; 22, canal cochléaire; 23, espace occupé par la périlymphe; 24, rampe vestibulaire; 25, rampe tympanique; 27, canal endolymphatique; 28, canal demi-circulaire horizontal; 29, canal demi-circulaire supérieur; 30, canal demi-circulaire inférieur.

interne en quatre branches, qui, par des orifices (*taches criblées*), pénètrent à l'intérieur du labyrinthe osseux (fig. 244). La branche antérieure (*rc*) se rend au limaçon, où ses filets s'engagent dans la columelle et de là dans la lame spirale, d'où ils rayonnent vers

la membrane basilaire (fig. 242, A). La branche moyenne (*rs*) va au saccule (S) ; la branche inférieure (*ri*), à l'ampoule du canal vertical inférieur; la branche postérieure (X), enfin, se distribue à l'utricule (*ru*), à l'ampoule du canal vertical supérieur (*rs*) et à l'ampoule du canal horizontal (*rh*). Toutes ces branches nerveuses présentent des renflements cellulaires ou ganglionnaires sur leur trajet.

Terminaison du nerf auditif. — Comment se terminent les filets du nerf auditif? Au commencement du XVII[e] siècle, on croyait, avec Bauhin, qu'ils se dilataient en ampoules dans l'oreille interne. Aujourd'hui, on sait qu'il n'en est rien. Les canaux demi-circulaires, l'utricule et le saccule, sont formés d'une paroi externe conjonctive qui supporte une rangée de cellules épithéliales de forme polyédrique (*e*), sauf au niveau des crêtes et des taches auditives (fig. 256). A cet endroit la tunique fibreuse s'épaissit et supporte un épithélium à plusieurs assises ; les cellules superficielles sont de deux sortes : les unes filiformes, ce sont des *cellules de soutien* (*s*) ; les autres renflées en forme de bouteille et terminées chacune à son extrémité libre par un bouquet de soies ou cils raides, ce sont les *cellules auditives* (*cc*). Leur extrémité adhérente est en rapport avec les fibres nerveuses du nerf auditif. De plus, on observe, entre les cils auditifs, une membrane molle, sécrétée par ces cellules et renfermant des cristaux de carbonate de chaux, *otolithes* (*ous*, *otos*, oreille ; *lithon*, pierre).

Organe de Corti. — Quant à l'appareil nerveux terminal du limaçon, il est si délicat, qu'il a fallu toutes les ressources des procédés modernes d'investigation pour le connaître. C'est à M. le marquis Alphonse Corti que revient la gloire de l'avoir découvert et décrit en 1851. Aussi porte-t-il à juste titre le nom d'*organe de Corti*.

Canal cochléaire des vertébrés inférieurs. — Avant de décrire l'organe de Corti de l'homme et des mammifères, il convient de considérer le canal cochléaire des vertébrés inférieurs. Chez les poissons et les batraciens, on voit partir du saccule un prolongement, en forme de cône ou d'ampoule, appelé *lagena* (bouteille). Chez les reptiles, une portion de la lagena s'allonge et commence à s'incurver légèrement (fig. 244) : c'est le canal cochléaire (*l*). Celui-ci est entouré, comme le saccule, l'utricule et les canaux demi-circulaires, d'un espace rempli de périlymphe (*p*), que le squelette cartilagineux divise en deux conduits distincts, s'incurvant également : l'un aboutit au vestibule, près de la fenêtre ovale : c'est la *rampe vestibulaire* (*rv*) ; l'autre est en rapport avec la fenêtre ronde et, par suite, avec la caisse du tympan : c'est la *rampe tympanique* (*rt*).

Le canal cochléaire a la constitution générale des ampoules des canaux demi-circulaires, de l'utricule et du saccule ; il est formé, en effet, d'une paroi conjonctive, doublée en dehors, sur certains points, d'un squelette cartilagineux, et revêtue en dedans d'un épithélium. Dans les ampoules, l'utricule et le saccule, cet épithélium s'épaissit sur une certaine étendue. Mais, au lieu d'une tache ou crête audivitive, on voit le canal cochléaire présenter un épaississement qui occupe une grande étendue le long de la rampe tympanique (fig. 244, C). Il figure une saillie ou papille, correspon-

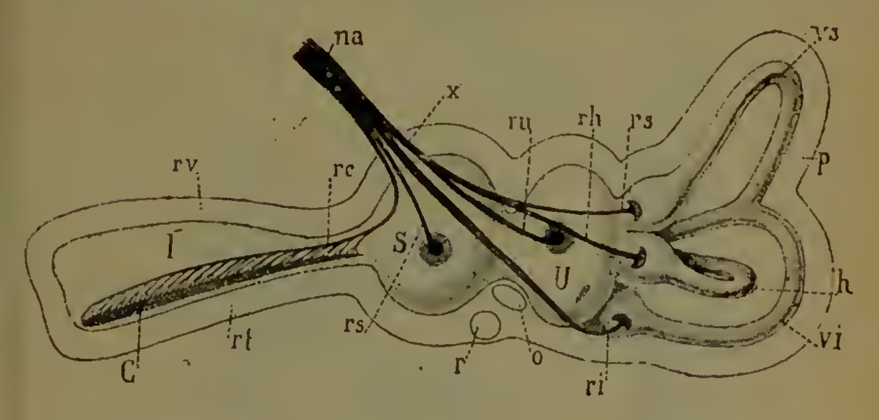


Fig. 211. — Ensemble du labyrinthe d'un reptile.

l, canal cochléaire (lagena) ; C, organe de Corti ; *rt*, rampe tympanique *rv*, rampe vestibulaire ; S, saccule ; U, utricule ; *vs*, canal demi-circulaire supérieur ; *vi*, inférieur ; *h*, horizontal ; *p*, espace périlymphatique ; *na*, nerf auditif ; *rc*, branche antérieure ou cochléaire du nerf auditif ; *rs*, branche moyenne allant au saccule (S) ; *ri*, branche inférieure allant à l'ampoule de *vi* ; X, branche postérieure se divisant en trois rameaux : 1° rameau utriculaire (*ru*) ; 2° deux rameaux ampullaires (*rh* et *rs*).

dant à l'organe de Corti des mammifères. Pour simplifier, je l'appellerai la *papille de Corti*.

En pratiquant une section en travers du canal cochléaire et des rampes vestibulaire et tympanique d'un serpent, d'un lézard ou d'un crocodile (fig. 245), on voit, à un grossissement convenable, la configuration de la papille de Corti et ses rapports avec les parties voisines. Le canal cochléaire (2) est séparé de la rampe tympanique (1) par une membrane dite *basilaire* (*m*), qui supporte l'organe de Corti (C). La membrane basilaire est tendue sur un cadre formé par les deux lèvres opposées du squelette cartilagineux (*p* et *p*). L'épithélium (*e*) du canal cochléaire (2) devient haut et cylindrique du côté de la membrane basilaire ; sur cette dernière,

enfin, il forme une saillie (C), qui est constituée, comme les crêtes et taches auditives, par deux sortes de cellules : les unes sont pourvues de cils ou soies auditives à leur bout libre : ce sont les *cellules auditives*; les autres sont situées dans l'intervalle des premières et représentent des cellules de soutien. De plus, on voit partir de l'une des parois du canal cochléaire une membrane (*t*)

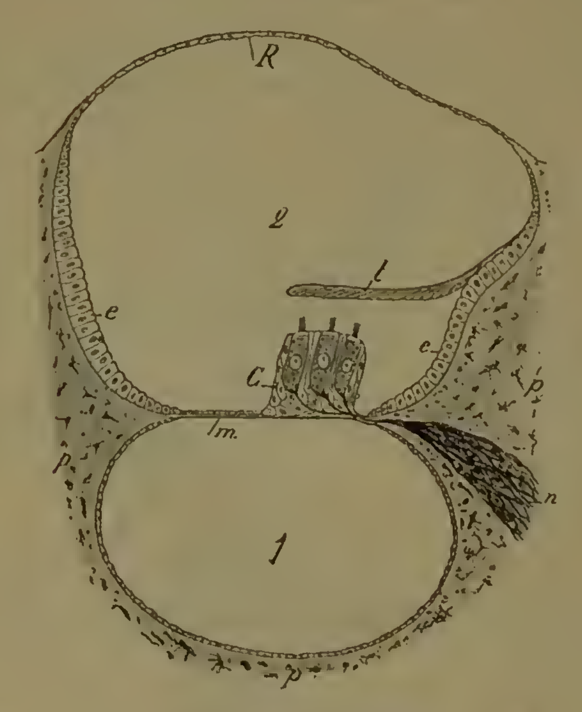


Fig. 215. — Coupe en travers du canal cochléaire d'un serpent, d'après Tafani (modifiée).

1, rampe tympanique; 2, canal cochléaire; R, membrane de Reissner; *e*, épithélium du canal cochléaire; *m*, membrane basilaire; C, papille de Corti; *t*, membrane recouvrante; *n*, filets de la branche cochléaire du nerf auditif; *p*, *p*, squelette cartilagineux du limaçon.

qui s'avance en forme d'auvent par-dessus l'organe de Corti; on l'appelle la *membrane recouvrante*. Enfin, les filets de la branche cochléaire du nerf auditif (*n*), après avoir traversé le squelette du limaçon, vont se terminer à l'extrémité adhérente des cellules auditives ciliées de l'organe de Corti.

Canal cochléaire des mammifères. — Chez les mammifères, le limaçon s'incurve davantage et s'enroule en spirale, ainsi que les rampes vestibulaire et tympanique. Quoique plus long, le canal

cochléaire affecte des rapports analogues avec les rampes vestibulaire et tympanique. L'organe de Corti, bien que présentant une structure plus compliquée, se laisse facilement ramener à la papille de Corti du canal cochléaire des reptiles.

Sur une coupe en travers du canal cochléaire (fig. 246, C), on voit que la lame spirale osseuse (*p c*) présente un limbe ou bord externe épaissi, dans lequel on voit deux lèvres : l'une, supérieure sur le dessin, en *a*, donne insertion à la membrane de

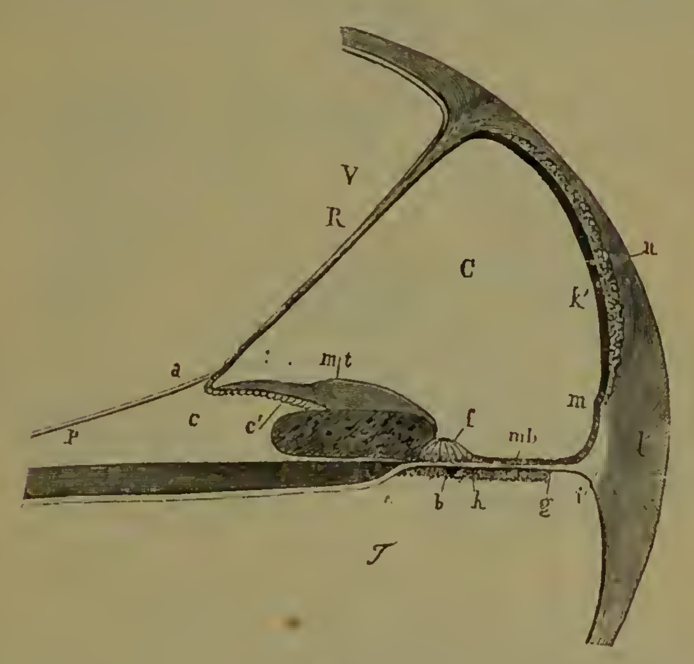


Fig. 246. — Coupe du canal cochléaire chez un embryon de veau (grossie), d'après Frey.

C, canal cochléaire, limité par une paroi externe (*n*), une paroi interne ou membrane de Reissner (R), et par une paroi inférieure formée de la lame spirale osseuse (S) et la membrane basilaire (*mb*). Celle-ci s'attache en dehors à l'épaississement *l*; *f*, papille qui donne naissance à l'organe du Corti; *bs*, épaississement en forme de bandelette; *mt*, membrane recouvrante.

Reissner (R) et l'autre, lèvre inférieure en *b*, à la membrane basilaire (*b h g*). Le bord externe de ces deux membranes va se fixer à la lame des contours. Le périoste présente, à l'endroit où la membrane basilaire s'insère sur la lame des contours, un épaississement triangulaire (*i l m*), qu'on appelle le *ligament spiral*.

De nombreux vaisseaux (*n o*) sillonnent le ligament spiral en haut, arrivent jusque dans l'épithélium (*k'*) et paraissent jouer un

grand rôle dans la formation de l'endolymphe du canal cochléaire. La membrane de Reissner est formée de tissu conjonctif et sa face cochléaire est recouverte d'une couche de cellules cubiques, tandis que les cellules qui tapissent le ligament spiral sont plus allongées (fig. 244 et 247). Quant à ce qui concerne la membrane basilaire, elle a une structure spéciale et elle présente divers épaississements épithéliaux : l'un, en *f*, est l'*organe de Corti*.

Structure de l'organe de Corti. — La membrane basilaire a un aspect *lisse* du côté de la *lame* spirale osseuse, et *strié* du côté

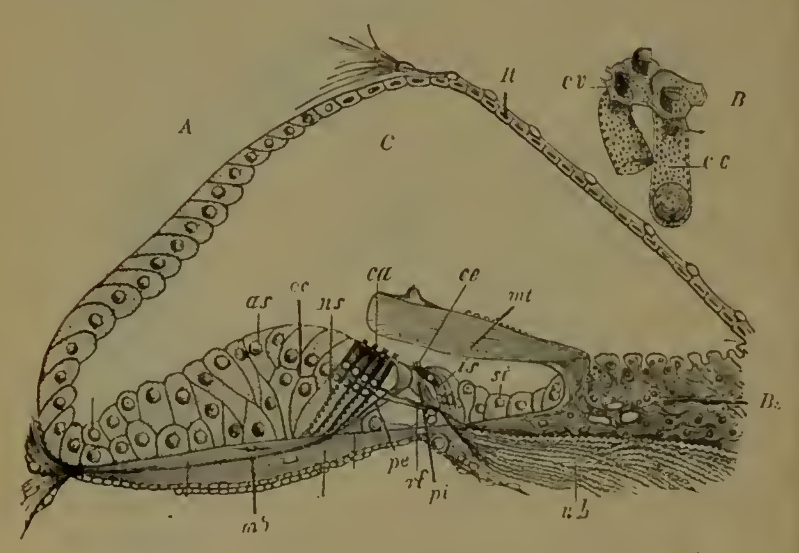


Fig. 247. — Coupe du canal cochléaire chez l'adulte (grossie).

A, ensemble du canal cochléaire; C, canal cochléaire rempli d'endolymphe; R, membrane de Reissner; Bs, épaississement ou bandelette dont le bord externe donne attache par une lèvre à la membrane recouvrante (*mt*), et par une autre lèvre à la membrane basilaire (*mb*); *oc*, organe de Corti, composé de cellules cylindriques (*as*), de cellules ciliées externes (*ca*), de cellules ciliées internes (*cc*), des piliers externe (*pe*) et interne (*pi*). Ces deux sortes de piliers circonscrivent le tunnel de Corti; *nb*, nerf cochléaire avec les filets (*rf*) traversant le tunnel. — B, cellules auditives ciliées (*cc*), chacune pourvue d'un bouquet de cils (*cv*) qui passent à travers la membrane réticulée.

de la lame des contours, où elle ressemble à un peigne, *zone pectinée* (*pecten, pectinis*, peigne) en *mb* (fig. 247).

Elle est formée par une quantité considérable de fibres dites *basilaires*, qui se rapprochent par leur constitution des fibres élastiques; ce sont autant de cordes vibrantes s'étendant dans toute la région pectinée. Les figures 245 et 247 montrent les fibres de la membrane basilaire tendues, comme autant de cordes, entre

la lame spirale osseuse et la lame des contours. Du côté du canal cochléaire, elles sont recouvertes d'une membrane homogène, et, du côté de la rampe tympanique, d'un épithélium aplati.

Cette membrane basilaire supporte l'organe de Corti (fig. 248) : ce dernier présente, en coupe, une série d'*arches* ou d'*arcades* (*b a c e f g*) constituant un tunnel, qui s'étend de la base au sommet du canal cochléaire. Les arcades sont au nombre de 5000 environ. Chacune d'elles est formée d'un *pilier* (*b a c*), interne, et d'un pilier (*g e f*) externe, dont la base repose sur la membrane basilaire. Ces piliers, éloignés par leur base, se rapprochent par leur sommet et s'unissent l'un à l'autre, vers *e f*, pour former l'arcade. Du sommet des piliers de Corti partent des prolongements (*d*) qui se dirigent en dehors et forment une membrane en réseau, la *membrane réticulée* (*h k*). Celle-ci recouvre de hautes cellules, que nous allons

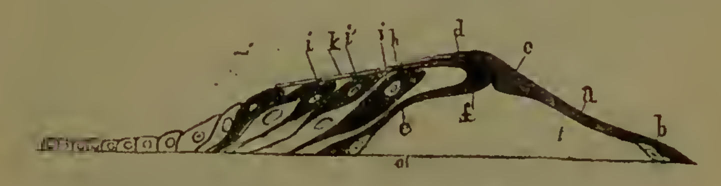


Fig. 248. — Portion de l'organe de Corti (*Oc* de la fig. 247).

b, a, c, pilier interne; *d*, prolongement de la tête (*c*) de ce pilier; *f, e*, pilier externe; *o*, membrane basilaire; *t*, tunnel; *i*, cellules ciliées externes.

examiner, et dont les cils passent à travers les mailles ou orifices du réseau pour plonger dans l'endolymphe.

Ces cellules (*i* et *k*) sont de deux sortes : les unes, foncées sur la figure (248, *i*), sont les *cellules de Corti*, cellules terminées par des cils, ou *ciliées* ; les autres, claires, se trouvent dans leur intervalle : ce sont les cellules de soutien ou *de Deiters*, médecin allemand qui les a signalées en 1859 ; leur extrémité libre est dépourvue de cils.

La figure 247 donne une idée plus juste de cet organe, en même temps qu'elle complète la description par plusieurs particularités importantes. On voit en *ca* les cellules ciliées externes disposées sur quatre rangs en dehors de l'arcade de Corti : mais on aperçoit, de plus, en dedans du pilier interne, une cellule ciliée interne (*ce*) disposée sur une seule rangée. Sur les figures 249, *dz*, et 247, B, grossies davantage, on voit les cellules ciliées internes et externes munies chacune d'un bouquet de cils, traversant la membrane réticulée. Entre ces cellules ciliées, on aperçoit les cellules de Deiters.

En dehors des cellules ciliées externes, on aperçoit une accumulation de cellules épithéliales (fig. 247, *as*) découvertes par Hensen, suivies d'autres cellules moins hautes, signalées par Claudius. Elles passent insensiblement à l'épithélium du ligament spiral.

La figure 247 nous montre de plus, entre l'insertion de la membrane de Reissner et celle de la membrane de Corti, sur la lame spirale osseuse en Bs, un épaississement dont la face supérieure présente une série de dents, puis en *mt* une membrane qui

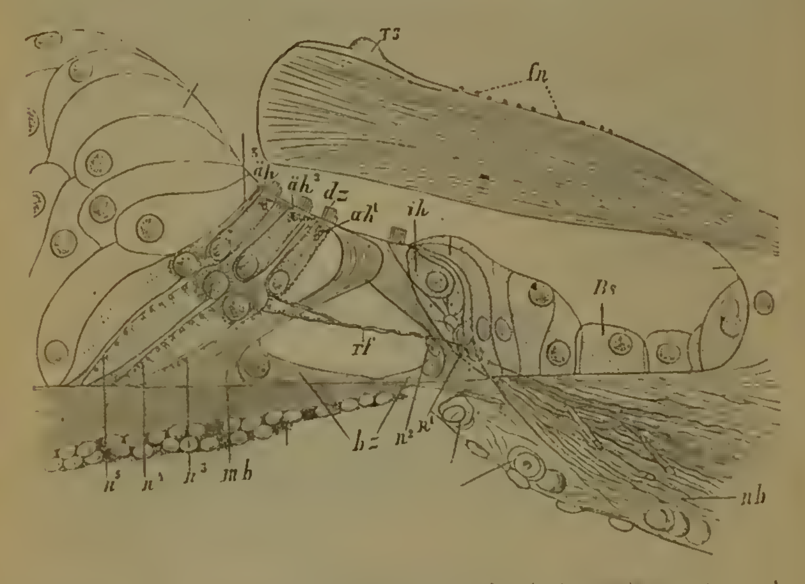


Fig. 249. — Organe de Corti du lapin, à un plus fort grossissement que dans la figure 256, d'après Retzius.

nb et *rf*, comme dans la figure 256; *ih*, cellule ciliée interne; $a''h^1$, $a''h^2$, ah^3, cellules ciliées externes; *dz*, cils; n^3, n^4, n^5, cellules de soutien; n^1, n^2, trous pour le passage des nerfs; Bs, cellules épithéliales; *mb*, membrane basilaire; *bz*, cellule de la base de ces piliers; *rs*, *fn*, membrane recouvrante.

s'y attache et qui s'avance à la manière d'un auvent sur l'organe de Corti : c'est *la membrane recouvrante*.

Voici maintenant la façon dont les filets nerveux de la branche cochléaire du nerf acoustique se terminent dans l'organe de Corti : Après avoir pénétré dans l'épaisseur de la lame spirale osseuse, ils arrivent à son bord libre en *nb* (fig. 247 et 249). Jusque-là les tubes nerveux sont pourvus de myéline. Vers le limbe de la lame spirale osseuse, les fibres n'ont plus que leur cylindre-axe : les unes vont se rendre à la cellule ciliée interne, les autres traversent, en *rf*, le tunnel de Corti, où elles figurent

les cordes d'une harpe et se terminent dans les cellules ciliées externes.

USAGES DES DIVERSES PARTIES DE L'OREILLE

L'oreille externe reçoit et transmet les vibrations sonores à la membrane du tympan. — Chez l'homme, le pavillon de l'oreille forme un cornet acoustique immobile. Les saillies et les dépressions qu'il présente sont très favorables pour réfléchir les ondes sonores vers le conduit auditif externe.

En second lieu, les ondes sonores, en frappant son squelette élastique, sont capables de le faire entrer en vibration, de sorte qu'il les transmet directement aux parties solides de l'oreille moyenne auxquelles il est relié. Enfin, lorsque nous voulons savoir d'où provient un bruit, nous dirigeons instinctivement la surface du pavillon, de façon à la rendre perpendiculaire aux ondes sonores. Le pavillon nous permet donc de juger de la *direction des sons*.

La caisse du tympan transmet les vibrations sonores à l'oreille interne. — Les vibrations sonores arrivent ainsi dans le conduit auditif externe, qui les transmet à la membrane du tympan par deux voies : 1° par l'air qui y est contenu ; 2° par les parois cartilagineuses et osseuses du conduit qui les transmettent directement à la membrane du tympan. Celle-ci recueille donc les sons, entre en vibration et transmet ces vibrations à la chaîne des osselets. La membrane du tympan vibre sous l'influence des sons d'élévation diverse, compris dans l'échelle qui va de 32 à 73 000 vibrations. Nous avons vu que le muscle du marteau en se contractant a pour effet de tendre la membrane plus fortement. Dès 1824, F. Savart a montré qu'une membrane tendue vibre d'autant plus difficilement par influence que la tension est plus considérable. Si nous tendons la membrane du tympan, c'est pour préserver l'organe des impressions trop fortes et pour la disposer convenablement à recevoir les impressions les plus faibles.

On sait que la membrane du tympan, comme toute membrane tendue, vibre le mieux quand elle supporte par ses deux faces des pressions égales. Lorsque l'air est raréfié ou comprimé dans la caisse, il en résulte une dureté de l'ouïe.

Les vibrations de la membrane du tympan peuvent ainsi être transmises à l'oreille interne : 1° par la chaîne des osselets ; 2° par l'air de la caisse. Notons surtout que l'intégrité de l'étrier

est indispensable, parce que sa disparition amène l'ouverture de la fenêtre ovale et l'écoulement du liquide du labyrinthe.

L'oreille interne apprécie l'intensité, la hauteur et le timbre des sons. — Voilà donc les vibrations transmises jusqu'à l'oreille interne, qui va transformer ces mouvements vibratoires en *bruits* ou en *sons*. Les vibrations pénétrant par l'étrier sont communiquées à la périlymphe, et se propagent par le vestibule aux canaux demi-circulaires d'une part, à la rampe vestibulaire de l'autre, et, par le sommet de cette dernière, à la rampe tympanique.

Mais les liquides sont incompressibles : les vibrations qui arrivent dans la rampe tympanique refoulent la membrane fibreuse qui obture la fenêtre ronde et la font osciller en sens inverse de la membrane de la fenêtre ovale.

Nous avons vu que le labyrinthe membraneux est entouré de toutes parts par la périlymphe, et qu'il contient l'endolymphe. Celle-ci reçoit par conséquent les vibrations du liquide ambiant et subit des oscillations isochrones à celles de la périlymphe. De cette façon, les soies auditives des crêtes et des taches auditives, qui sont plongées dans l'endolymphe, se mettent à vibrer. Les cellules auditives sont impressionnées et ces impressions sont transmises à l'encéphale par les filets nerveux du nerf auditif.

Chez certains crustacés, on trouve des crins auditifs *extérieurs*. En faisant arriver dans l'eau qui les contient les sons d'un cor, on voit que certains crins vibrent pour certaines notes du cor, tandis que d'autres crins vibrent pour des notes différentes.

Mais les sons de nature différente ont des caractères distinctifs. L'*intensité* de la sensation sonore dépend de l'intensité de l'ébranlement, c'est-à-dire de l'amplitude des vibrations des corps sonores. La *hauteur* du son est en rapport avec le nombre de vibrations dans un temps donné. Le *timbre* des sons dépend de la nature des corps vibrants. Chaque corps, en vibrant, donne une note prédominante, qui est le *son fondamental* ; mais celui-ci est accompagné de plusieurs notes plus hautes, c'est-à-dire produites par des vibrations qui sont 2, 3, 4, 5, etc. fois plus rapides ; ces dernières constituent les *sons harmoniques* ou les *harmoniques*. Le *timbre* du son résulte de la nature et du nombre des harmoniques qui accompagnent le son fondamental.

L'oreille présente-t-elle une disposition anatomique propre à répondre à chacun des caractères du son ? Les travaux du savant médecin allemand Helmholtz semblent montrer que l'appareil de l'audition satisfait à toutes les conditions précédentes. Voici comment M. Mathias Duval résume ces recherches :

« Cet appareil serait constitué comme un clavier. On sait que si,

devant un piano ouvert, tous les étouffoirs étant soulevés, on vient à émettre une note chantée, on constate aussitôt la vibration de la corde dont le son propre présente la même hauteur que le son émis. Si nous pouvions donc rattacher chacune des cordes d'un clavier à une fibre nerveuse, de manière que celle-ci fût ébranlée, c'est-à-dire donnât lieu à une sensation toutes les fois que la corde entrerait en vibration, il arriverait que tout son, venant à rencontrer l'instrument, éveillerait une série de sensations simples ou multiples, selon que le son serait simple ou composé d'un son fondamental et d'harmoniques ; la sensation de l'intensité de la vibration, la notion de la corde ébranlée au maximum et enfin l'impression moins prononcée des vibrations des cordes vibrant sous l'influence des sons harmoniques, nous donneraient, en définitive, la perception de l'intensité, de la hauteur et du timbre des sons. »

L'organe de Corti semble réaliser cet instrument ; la partie pectinée de la membrane basilaire est formée, en effet, de fibres tendues, comme celles d'un piano ou d'une harpe ; elles sont d'autant plus longues qu'on approche davantage de la coupole ou sommet du limaçon.

Ces fibres radiales peuvent donc être considérées comme une série de cordes dont chacune est accordée pour un son différent, d'autant plus grave que la corde est plus longue.

Le nombre des fibres radiales est de 6000 à 10000. Or l'échelle des sons musicaux, pour les musiciens même les plus exercés, ne renferme pas plus de 5376 intervalles. « On voit donc que le nombre des fibres radiales est plus que suffisant pour que le clavier cochléen réponde par une corde spéciale à chacun des sons que l'expérience nous montre comme constituant l'échelle musicale des sujets les mieux doués » (M. Duval).

Les cellules auditives ciliées sont placées à cheval, pour ainsi dire, sur les fibres radiales ; il est donc facile de comprendre « qu'à la vibration de chacune de ces cordes correspondra une excitation d'une fibrille nerveuse, et, par suite, la perception distincte du son correspondant. Dès lors nous avons l'explication du mécanisme par lequel les diverses propriétés physiques des sons deviennent appréciables aux centres nerveux. L'*intensité* du son dépend de l'énergie avec laquelle la fibre radiale est mise en mouvement et excite le nerf correspondant ; la *hauteur* du son dépend précisément du rang occupé par cette fibre radiale, et, tandis que les sons *simples* sont perçus comme tels parce qu'ils ne mettent en jeu qu'une fibre, les sons *complexes* font vibrer simultanément les fibres qui par leur longueur correspondent à la hauteur des

sons composants.... L'appareil cochléen analyse donc et décompose les sons complexes.... Chacun des éléments de la décomposition opérée dans le clavier de la membrane basilaire est transmis isolément au cerveau, et c'est dans ce centre de perception que les sensations isolées se réunissent en une sensation commune dont l'analyse paraît au premier abord impossible, la *sensation du timbre* » (M. Duval).

Sens de l'espace. — Le nerf auditif a encore un autre rôle par certains filets qui se rendent aux canaux demi-circulaires. Je rappelle que ceux-ci ont une direction correspondant aux trois dimensions de l'espace. Après avoir enlevé à un pigeon les canaux demi-circulaires, Flourens observa divers troubles du mouvement; l'animal ne pouvait plus garder l'équilibre; il avait du vertige. Le médecin Ménière a observé, d'autre part, chez l'homme, que la destruction, à la suite de maladies, des canaux demi-circulaires, amène du vertige et la perte de l'équilibre; on donne depuis à cet état le nom de *maladie de Ménière*.

De nombreuses expériences ont confirmé ces faits, ce qui nous permet de conclure que l'oreille interne, non seulement est l'organe de l'audition, mais que, par ses canaux demi-circulaires, elle nous donne des notions sur la situation qu'occupe notre corps dans l'espace (*sens de l'espace*).

LARYNX ET VOIX

La partie supérieure de la trachée-artère (fig. 86) se modifie chez les vertébrés supérieurs et constitue une cavité appelée le *larynx* (*larynx*, gorge, gosier). Celui-ci laisse passer l'air de la respiration et présente dans son intérieur deux saillies membraneuses (*cordes vocales*, *lèvres vocales*, *rubans vocaux*), que nous pouvons tendre à volonté, de façon qu'elles soient mises en vibration par la colonne d'air qui sort de la poitrine.

Nous avons donc à étudier la charpente du larynx et les muscles qui éloignent, rapprochent et tendent les cordes vocales.

Constitution du larynx. — Le squelette du larynx est formé par plusieurs cartilages : Le cartilage *cricoïde* (fig. 250, B, 2) a la forme d'un anneau (*cricos*, anneau) surmontant le premier cerceau de la trachée, mais dont l'arc dorsal, vu de profil sur la figure A, est très haut. Aussi ressemble-t-il à une bague dont le chaton est représenté par l'arc dorsal. La figure B, en 2, montre que l'arc ventral du cricoïde est bien moins élevé.

Le cartilage cricoïde est surmonté en avant et sur les côtés par une pièce en forme de bouclier, le cartilage *thyroïde* (*thyréos*, bouclier). Celui-ci est formé d'une lame quadrilatère, dont les deux parties latérales auraient été tordues, de façon à former un angle ouvert en arrière (fig. 250, 1).

De son bord inférieur part, de chaque côté, un petit prolongement ou *corne* qui vient se mettre en rapport avec une facette de

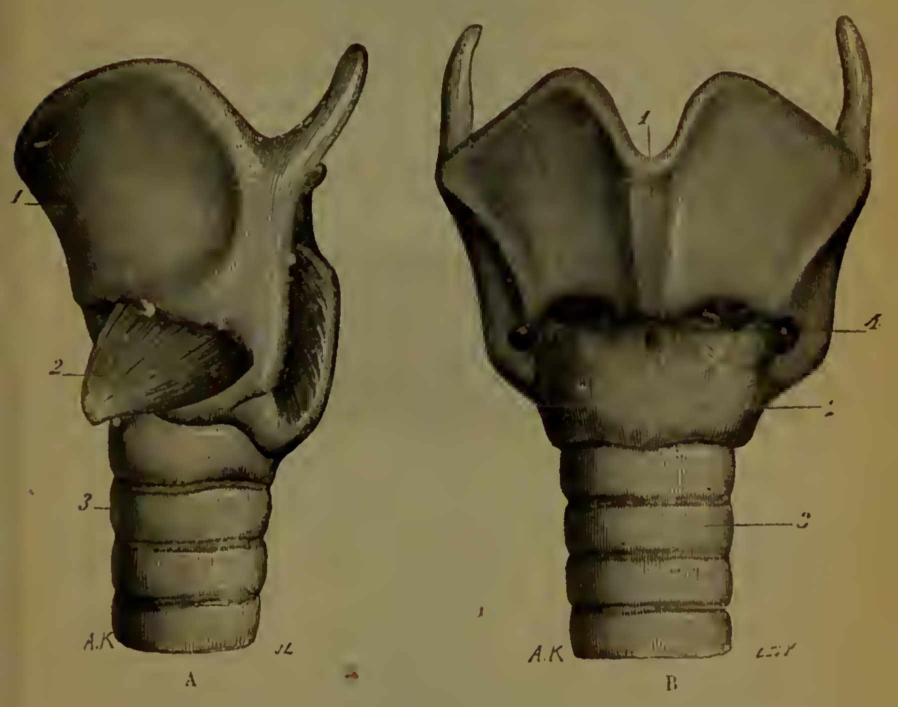


Fig. 250. — Squelette du larynx. — A, de profil ; B, face ventrale.

1, cartilage thyroïde ; 2, cartilage cricoïde (figure B) ; muscle crico-thyroïdien (figure A) ; 3, anneaux de la trachée-artère ; 4, membrane fibreuse crico-thyroïdenne.

la partie latérale du cartilage cricoïde, en sorte qu'il en résulte une articulation mobile permettant au cartilage thyroïde de basculer sur le cricoïde (en place sur la fig. B).

Une membrane, ou ligament jaunâtre, et très fort (fig. 250, B, 4), unit en outre la partie médiane du bord supérieur du cartilage cricoïde au bord inférieur du cartilage thyroïde.

Enfin (fig. 251, *c*, et fig. 252, 6), on voit, sur les angles du chaton du cartilage cricoïde, deux petits cartilages (*c*) triangu-

laires qui par leur réunion dessinent une forme rappelant le bec d'un pot à eau; de là leur nom de cartilages *aryténoïdes* (*arytaina*, entonnoir; *eidos*, forme). Ils sont incurvés sur leur axe et surmontés d'un petit cartilage accessoire (*d*). Leur base est à cheval sur le cartilage cricoïde et présente un prolongement antérieur (*apophyse vocale*), où s'attache l'extrémité dorsale de la corde vocale (fig. 252, 2), et un prolongement ou apophyse externe (*e*), où s'insèrent les muscles crico-aryténoïdiens postérieur et latéral (8). Les cartilages aryténoïdes sont très mobiles sur le cartilage cricoïde, et ils peuvent se rapprocher en masse l'un de l'autre, grâce à un muscle qui s'étend de la face postérieure de l'un à celle de l'autre. Ils peuvent tourner sur leur axe, de façon à rapprocher les deux apophyses vocales, c'est-à-dire les deux cordes vocales, ou bien à les éloigner l'une de l'autre. Le premier mouvement rétrécit l'espace entre les deux cordes vocales ou *glotte* (*glottis*, languette); le deuxième mouvement élargit la glotte.

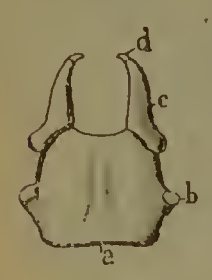


Fig. 251. — Cartilages du larynx, vus de dos.

a, cartilage cricoïde; *b*, tubercule qui supporte le thyroïde; *c*, cartilage aryténoïde avec son sommet (*d*).

Ajoutons encore que la glotte est surmontée d'un fibro-cartilage appelé *épiglotte* (fig. 252, 3), et qu'il est reçu dans l'angle rentrant du cartilage thyroïde.

Replis de la cavité du larynx. — Toute la surface intérieure du larynx est revêtue par une muqueuse formée d'un tissu conjonctif très riche en fibres élastiques et tapissée d'un épithélium. Celui-ci ressemble à celui des fosses nasales et de la trachée-artère (épithélium stratifié à cils vibratiles), sauf au niveau des cordes vocales, où il est remplacé par un épithélium pavimenteux stratifié, comme celui de la bouche.

On divise la cavité du larynx en plusieurs régions, en raison des accidents que présente sa surface : des bords de l'épiglotte jusqu'aux cartilages aryténoïdes s'étendent deux replis membraneux, *aryténo-épiglottiques* (fig. 252); plus bas, en 1, on aperçoit deux autres replis allant de l'angle rentrant du cartilage thyroïde à la partie moyenne des aryténoïdes (*cordes vocales supérieures* (1); enfin, en 2, on voit les deux replis épais des *cordes vocales inférieures* (2), qui sont les *vraies cordes vocales*, les cordes vocales supérieures n'ayant aucun rôle dans la production de la voix.

Les replis des cordes vocales inférieures méritent de nous arrê-

ter : la muqueuse est renforcée à ce niveau par un ligament fibro-élastique qui s'étend de l'angle rentrant du cartilage thyroïde à l'apophyse vocale.

On donne le nom de *vestibule du larynx* à toute la portion du



Fig. 252. — Larynx ouvert par sa face postérieure.

1. cordes vocales supérieures; 2, cordes vocales inférieures; 3, épiglotte; 4, bord postérieur du cartilage thyroïde; 5, ventricules du larynx; 6, cartilage aryténoïde; 7, cartilage cricoïde (sectionné); 8, muscle crico-aryténoïdien postérieur; 9, anneaux de la trachée-artère.

larynx qui précède la corde vocale supérieure, et on appelle *ventricule du larynx* la cavité (252, 5) qui se trouve de chaque côté, entre les cordes vocales supérieure et inférieure. On la voit très bien sur la vue de profil donnée par une section médiane et ver-

ticale du larynx (fig. 253, *g*). Grâce aux ventricules du larynx qu'on voit bien sur une coupe latérale et verticale (fig. 254), les cordes vocales sont libres aussi bien sur la face supérieure que sur la face inférieure.



Fig. 253. — Larynx ouvert par l'ablation de la paroi latérale gauche.

A, épiglotte; B, cartilage thyroïde (pomme d'Adam); C, cartilage aryténoïde; D, cartilage cricoïde; E, H, I, anneaux de la trachée-artère; F, corde vocale inférieure; G, ventricule du larynx.

Muscles du larynx. — De nombreux muscles relient le larynx aux organes voisins; ils ont pour rôle de produire l'élévation ou l'abaissement en masse de l'organe.

D'autres muscles unissent les divers cartilages du larynx les uns aux autres. Ils forment, au point de vue de leur action, deux groupes, le premier dilatant la glotte, le second la resserrant.

Le premier groupe ne comprend qu'un muscle (fig. 252, 8), situé de chaque côté de la ligne médiane et s'étendant de la face postérieure du chaton du cartilage cricoïde à l'apophyse externe du cartilage aryténoïde. C'est le muscle *crico-aryténoïdien postérieur* (8), qui, en se contractant, attire en dedans l'apophyse externe et en dehors l'apophyse antérieure, où s'attachent les cordes vocales. Ce muscle dilate par conséquent la glotte et permet à l'air inspiré de pénétrer dans la trachée; étranger à la production de la voix, ou *phonation*, c'est un muscle *respirateur*.

Dans le second groupe, je citerai : 1° le muscle qui s'étend d'un cartilage aryténoïde à l'autre; 2° le crico-thyroïdien (fig. 250, 2), qui relie la partie antérieure du cricoïde au bord inférieur du thyroïde. Il attire en avant et en bas l'angle antérieur du thyroïde, où s'insère l'extrémité antérieure des cordes vocales; il tend, par suite, ces deux replis; 3° plusieurs muscles qui sont placés dans l'épaisseur et en dehors des cordes vocales, qu'ils doublent : en se contractant, ces muscles agissent directement sur les rubans vocaux en rapprochant leurs lèvres et en diminuant la fente glottique. De plus, les fibres musculaires, en passant de l'état de repos à l'état d'activité, aug-

mentent la consistance et l'élasticité des cordes vocales elles-mêmes.

Cordes vocales. — Ainsi constitués, les deux rubans vocaux rappellent les languettes des instruments à anche, tels que la clarinette, le hautbois, le basson. Les deux cordes, il est vrai, sont placées horizontalement, en regard l'une de l'autre par leur bord vibrant, au lieu d'être verticales, comme les lames des instruments précités.

Pour se rendre compte de la façon dont fonctionnent les cordes vocales, on a construit des appareils dans lesquels on a remplacé les cordes vocales par des membranes élastiques tendues. On a disposé ces membranes sur l'ouverture d'un tube métallique. On a fait ainsi *parler* l'anche membraneuse, en remplaçant l'air expiré de la trachée et des bronches par un courant d'air amené à l'aide d'une soufflerie. Avec ces *larynx artificiels*, comme en se servant de larynx enlevés sur des personnes mortes, on a fait de nombreuses expériences. On a vu que les cordes vocales produisent la voix à la manière des instruments à anche : ce sont les cordes elles-mêmes qui vibrent sous l'action du courant d'air. En tendant les rubans vocaux, on élève la hauteur du son produit ; en faisant vibrer la moitié seulement de la longueur de la corde, on donne naissance à un son deux fois plus élevé, c'est-à-dire qu'on fait entendre l'octave du son que rend le ruban tout entier. Lorsqu'on augmente la force du soufflet, on renforce l'intensité du son.

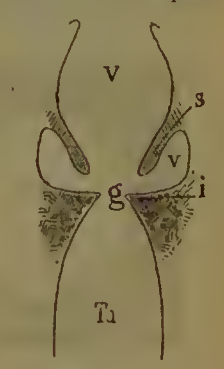


Fig. 254. — Coupe du larynx.

V (supérieur), vestibule ; V (latéral), ventricule ; *s*, corde vocale supérieure ; *i*, corde vocale inférieure ; *g*, glotte : T*a*, trachée-artère.

Mais ces expériences ont mis en lumière un fait remarquable : on ne peut assimiler le larynx *vivant* à aucun des instruments connus ; en effet, les cordes vocales sont composées en partie par des faisceaux musculaires qui, en se contractant, peuvent faire varier à chaque instant la longueur, l'épaisseur, la largeur et la tension de la portion vibrante. Ce sont ces conditions particulières des cordes vocales inférieures qui expliquent les modulations de la voix produites par l'instrument vocal *vivant*.

Laryngoscope. — Enfin, on a inventé un instrument, le *laryngoscope* (*scopein*, regarder), qui permet de voir l'intérieur du larynx pendant la production des sons. Il se compose (fig. 255) d'un petit miroir plan, fixé à l'extrémité d'une tige coudée et qu'on

peut introduire dans l'arrière-gorge. En faisant pénétrer un faisceau de lumière au fond de la gorge (fig. 256), on obtient une image des cordes vocales qu'on voit comme dans une glace. Quand la personne examinée, qui peut être le médecin lui-même regar-



Fig. 255. — Miroir fixé sur une tige, qui sert à l'introduire dans l'arrière-gorge.

dant son propre larynx, émet des sons, elle voit les cordes vocales se rapprocher, se tendre ou se relâcher, selon l'intensité ou l'acuité des sons.

Dans la respiration calme, la glotte est entr'ouverte ; aussitôt que

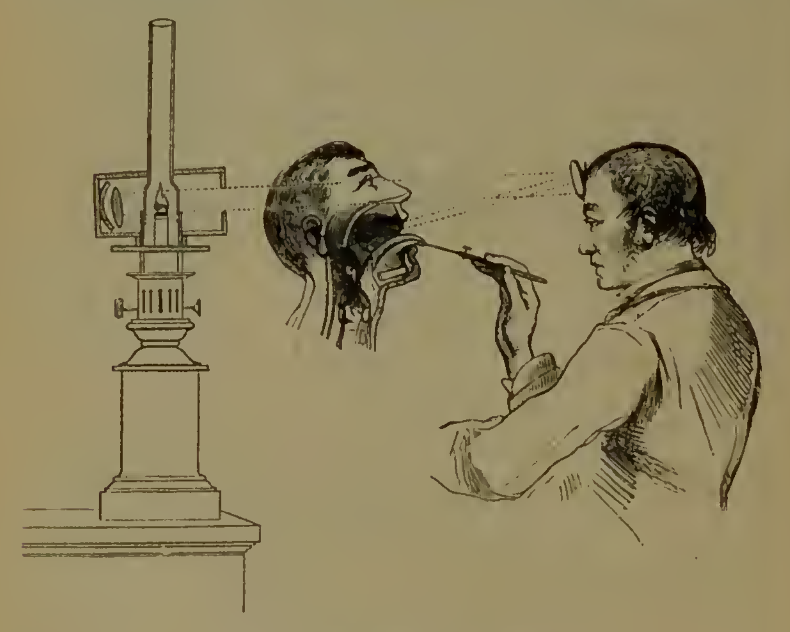


Fig. 256. — Examen laryngoscopique.

le sujet se dispose à parler, les bords des cordes vocales se rapprochent ; puis, au moment où le son se produit, les lèvres sont brusquement écartées pour laisser passer l'air ; si la voix s'élève, les cordes vocales se tendent davantage et la glotte se rétrécit (fig. 257).

Ajoutons que le laryngoscope rend au médecin des services signalés dans l'examen des maladies de l'arrière-gorge et du larynx.

Lorsqu'une ouverture de la trachée-artère permet à l'air de s'échapper avant d'arriver au larynx, il n'y a plus de voix. Tous



Fig. 257. — A, forme de la glotte dans la voix de poitrine (grave); B, dans la voix de fausset; C, dans la voix aiguë.

ces faits montrent que le son se produit au niveau des cordes vocales, qui vibrent sous l'influence du courant d'air expiré.

Caractères de la voix. — Les caractères essentiels de la voix sont : 1° l'*intensité*, 2° la *hauteur*, 3° le *timbre*.

L'*intensité* dépend de la force du courant d'air expiré, produisant les vibrations plus ou moins amples des cordes vocales. Mais la voix est renforcée par la résonance de l'air contenu dans la poitrine, dans les ventricules et le vestibule du larynx, dans le pharynx, etc.

La *hauteur* du son est surtout sous la dépendance : 1° de la longueur et de la tension des cordes vocales; 2° de la force du courant d'air. Ces conditions règlent le nombre des vibrations, qui produit la hauteur du son. Chez l'enfant, la voix est aiguë, à cause du peu de longueur des cordes vocales. Celles-ci s'allongent bien moins chez la femme que chez l'homme au moment de la poussée de croissance, qui a lieu vers 14 ou 15 ans. C'est là la *mue*. Aussi la voix de la femme reste-t-elle toujours plus élevée que celle de l'homme. Ce développement notable du larynx produit en partie, chez l'homme, la saillie de la *pomme d'Adam*.

Le *timbre de la voix* dépend du son fondamental et du nombre de ses harmoniques (voir p. 374). Le son qui se produit au niveau des cordes vocales a déjà un timbre spécial, qui est modifié et renforcé par la résonance des cavités supérieures (vestibule du larynx, pharynx, bouche, etc.).

La forme variable du larynx et des cavités de résonance, ainsi que la puissance des poumons, expliquent les variations de la voix

des mammifères, au point de vue de l'étendue, de la gravité et du timbre.

Chez les oiseaux, les cordes vibrantes sont placées non pas à la partie supérieure de la trachée-artère, mais à l'origine des bronches. C'est donc dans la poitrine que se produit la voix si mélodieuse des oiseaux chanteurs.

Les reptiles et les batraciens ont encore un larynx émettant des sons; mais chez les invertébrés le son est produit par un mécanisme tout différent : ici ce sont des parties dures qui frottent sur des membranes.

Nerfs du larynx. — Le larynx reçoit des nerfs de deux sources différentes, à savoir du pneumo-gastrique et du spinal (10e et 11e nerfs crâniens). Ces deux nerfs ont des relations intimes : le spinal, même avant de sortir du crâne, se divise en deux branches, dont l'interne va se réunir et semble se confondre avec le tronc du pneumo-gastrique. La branche externe va se distribuer aux muscles trapèze et sterno-cléido-mastoïdien (voir fig. 13, p. 24). Le pneumo-gastrique, ainsi renforcé par la branche interne du spinal, descend le long du cou (voir fig. 182) et fournit au larynx deux rameaux : l'un y va directement (nerf laryngé supérieur), l'autre prend un chemin singulier pour s'y rendre. Il descend d'abord dans la poitrine, contourne l'aorte à gauche, l'artère sous-clavière à droite, puis remonte de nouveau sur les côtés de la trachée pour se terminer dans l'organe de la voix : on l'appelle le *nerf laryngé inférieur* ou *récurrent* (*recurrere*, rebrousser chemin). La raison de ce trajet est très simple : chez les jeunes mammifères, comme cela persiste toute la vie chez les poissons, le cœur est situé très haut dans le cou, de sorte que le nerf laryngé va, par le chemin le plus court, au larynx. Plus tard, le cœur, descendant avec ses vaisseaux, entraîne l'anse du récurrent jusque dans la poitrine.

Le pneumo-gastrique et le spinal tiennent sous leur dépendance la sensibilité et la motilité du larynx.

Le pneumo-gastrique est le nerf sensitif du larynx. — C'est le pneumo-gastrique qui donne les filets sensitifs; mais cette sensibilité a un cachet spécial : le contact de l'air n'irrite nullement la muqueuse, mais la plupart des autres corps (gazeux, liquides ou solides) y provoquent par leur présence des accès de toux, jusqu'à ce qu'ils soient expulsés.

Le nerf spinal est le nerf vocal. — Pour ce qui regarde maintenant l'innervation des muscles du larynx, c'est encore à notre illustre Claude Bernard que nous en devons la connaissance. Si l'on arrache à un chat le spinal dans le crâne, il ne peut plus miauler, il a perdu la voix, il devient *aphone*. Tous les muscles,

qui se mettent en contraction pour faire vibrer les cordes vocales, sont paralysés; les rubans vocaux sont devenus des membranes flasques, qui ne vibrent plus sur le passage de l'air. Mais la respiration n'est pas gênée, parce que les muscles crico-aryténoïdiens postérieurs continuent à dilater activement la glotte et permettent l'entrée de l'air.

Nous concluons donc que les nerfs récurrents renferment deux sortes de filets moteurs : les uns allant aux muscles agissant sur la phonation et venant du spinal; les autres allant aux muscles respirateurs et dérivant du pneumo-gastrique.

Si, au lieu d'arracher le spinal, on coupe les nerfs récurrents, on atteint les deux ordres de filets : non seulement l'animal devient aphone, mais les cordes vocales se rapprochent, comme deux voiles, sous la pression de l'air inspiré, et l'animal présente tous les troubles de l'asphyxie.

Donc la branche interne du spinal agit sur la glotte, qu'elle rétrécit et tend; mais que fait sa branche externe? Celle-ci concourt également à la fonction vocale, parce qu'en contractant le sterno-cléido-mastoïdien et le trapèze, elle empêche la poitrine de s'affaisser brusquement dans l'expiration; elle fait durer quelque temps l'écoulement de l'air pour soutenir la voix; elle agit sur le porte-vent en réglant la quantité d'air.

Voix. — La plupart des mammifères ont un larynx et des cavités sus-glottiques dont la conformation générale rappelle les parties semblables de l'homme. Ils possèdent la voix. Par les modifications qu'ils font subir aux sons émis, ils se comprennent entre eux et ont ainsi un langage. Chacun a remarqué, par exemple, que le chien varie sa voix selon les sentiments qui l'animent : il hurle, il gronde, il gémit, il pousse des cris de joie pour manifester, par des *sons particuliers*, sa pensée.

L'homme seul sait parler, parce que seul il a assez d'intelligence pour attacher un sens déterminé à chaque son et le transformer en parole. Il crée de cette façon le *langage articulé* ou *parole*.

Production des voyelles. — Les signes sonores de la parole se décomposent en *voyelles* et en *consonnes*. Si vous voulez vous faire une idée générale de la manière dont se forment les voyelles, prononcez la lettre *u*, par exemple. Vous remarquerez qu'à cet effet la bouche et les lèvres s'allongent pour donner au son venant de la glotte la valeur *u*. Pour émettre le son de la voyelle *i*, au contraire, vous élevez le larynx et vous élargissez l'orifice buccal; en un mot, vous raccourcissez le diamètre longitudinal du tube laryngo-pharyngo-buccal. Quant aux voyelles *o*, *a*, *e*, le pharynx et la bouche prennent des positions intermédiaires pour les former.

Les cavités sus-glottiques prennent par conséquent une forme spéciale pour donner naissance à chacune des voyelles. Ce qu'il y a de remarquable, c'est que chaque voyelle a sa note particulière, d'une hauteur déterminée : en les rangeant dans l'ordre suivant, *u*, *o*, *a*, *e*, *i*, le son est d'autant plus élevé qu'on considère une voyelle plus éloignée de *u*, et on a calculé que le rapport de l'une à l'autre est constant.

Production des consonnes. — Quant à la production des *consonnes*, elle se fait d'après un mécanisme différent. Pour articuler la consonne *b*, par exemple, vous fermez les lèvres et, au moment où le son glottique passe, vous les écartez brusquement. La langue va participer à ce mouvement des lèvres de diverses façons, quand il s'agit de prononcer les consonnes *p*, *d*, *t*, *k*, *g*, *x*.

Pour produire la consonne *s*, on applique la pointe de la langue contre la voûte du palais et on rapproche les dents : le son glottique s'échappe par le détroit ainsi constitué. En variant diversement les obstacles pendant l'émission du son, on produit les consonnes *ch*, *f*, *r*, *z*, *j*.

Pour prononcer, par contre, *m* et *n*, on ferme l'orifice buccal et le son glottique s'échappe, en partie, par les fosses nasales.

Donc la résonance particulière qu'éprouve le son glottique, en passant par les cavités diversement disposées du pharynx et de la bouche, donne lieu à la formation des voyelles. D'un autre côté, les consonnes se produisent, pour la plupart, pendant que les lèvres et la langue créent un obstacle à l'émission.

Parole. — En associant les voyelles et les consonnes, nous composons les *syllabes*, et à l'aide de celles-ci nous formons les *mots*; en arrangeant ceux-ci dans un ordre déterminé, nous construisons les *phrases*. A chaque mot nous donnons un sens spécial, quoique variable selon les peuples et les races. C'est ainsi que l'homme a créé la *parole* ou *langage articulé*.

Celui-ci constitue certes le moyen d'expression et de communication le plus élevé ; mais il ne faut pas oublier que l'homme manifeste encore sa pensée de plusieurs autres façons. Avant d'avoir appris à parler, l'enfant se fait comprendre par des gestes et des signes. Plus tard, nous apprenons de même par l'exercice à reconnaître et à tracer des caractères conventionnels, les *lettres*, représentant pour ainsi dire le graphique des mots.

DEUXIÈME PARTIE

ORGANISATION ET CLASSIFICATION DES ANIMAUX

GROUPEMENT DES INDIVIDUS SELON LEURS RESSEMBLANCES

Nous connaissons l'organisation de l'homme. Tous les individus qui portent le nom d'**homme** ont une attitude verticale; leurs membres thoraciques sont terminés par des mains, leurs membres abdominaux par des pieds. Chez eux, tous les appareils et tous les organes ont une parfaite ressemblance. Les parents de ces individus ont présenté ces mêmes caractères; leurs enfants les auront également.

ESPÈCE. — On donne le nom d'**espèce** (*species*) à une collection d'individus qui se ressemblent plus entre eux qu'ils ne ressemblent au reste des êtres. Ajoutons une remarque essentielle : Dans la nature, il n'y a pas d'homme qui représente le type *idéal* de l'espèce humaine, comme il n'y a pas de *chien*, ni de *chat*, qui réalise l'espèce *chien* ou *chat*. Quand on se sert du mot *espèce*, on veut exprimer par un mot abstrait les caractères communs à un grand nombre d'individus, malgré des différences secondaires de taille, de couleur et de manière d'être. On personnifie, par une opération intellectuelle, tout un groupe d'animaux semblables dans leurs traits généraux. On se fait, on crée pour ainsi dire un être fictif, qui résume toutes les propriétés et qualités du groupe entier, mais qui n'a jamais existé et n'existera jamais dans la nature. Dans les comparaisons et dans les tableaux d'ensemble que l'on dresse des êtres vivants, le terme *espèce* constitue un moyen excellent pour assigner à chaque groupe sa place respective.

Si nous comparons, par exemple, les êtres humains qui sont originaires du centre de l'Afrique à ceux qui nous entourent, nous voyons que les premiers diffèrent par leur peau noire, leurs cheveux crépus, leurs lèvres lippues, leur nez épaté, etc. Les hommes peuvent donc *varier*, tout en gardant le caractère d'homme; le nègre est une *variété*, il forme la *race* nègre, comme nous, nous constituons la *race* blanche. En Asie, nous trouvons la *race* jaune, et en Amérique la *race* rouge. Le paysan le plus inculte n'hésitera pas un instant à accorder au *Nègre*, au *Chinois*, au *Peau-Rouge*, à l'Australien, etc., le qualificatif *homme*.

Les différences entre l'homme blanc et le nègre sont certes plus prononcées

que celles que l'on observe entre un *chien de berger* et un *loup*. L'organisation de l'un et de l'autre de ces animaux est tellement identique, qu'on ne peut les distinguer l'un de l'autre que par des nuances portant sur la façon de laisser traîner la queue, et sur la longueur des poils qui la garnissent, etc. Et cependant, en raison de la manière d'être différente de ces deux animaux, on fait rentrer le chien de berger dans l'*espèce chien domestique* et le loup dans l'*espèce chien loup*. Si nous étendons ces observations, nous voyons que le renard et le chacal ont les traits essentiels de l'organisation du chien, sauf certains détails secondaires, qui nous permettent de distinguer l'*espèce renard* de l'*espèce chacal*.

GENRE. — En classification, on réunit toutes ces espèces voisines et on en forme le GENRE Chien. Le genre n'a pas plus que l'espèce d'existence réelle.

Il est facile de séparer les individus du genre *chien* de ceux du genre *chat*, par exemple. En effet, le chat domestique, le tigre, le lion, le jaguar, etc., diffèrent du genre *chien* par la forme et le nombre de leurs dents (voir plus loin), par leurs ongles rétractiles (voir p. 515), et ils forment le *genre chat*, dans lequel rentrent les espèces *chat domestique*, *chat tigre*, *chat lion*, *chat jaguar*, etc.

Nous pourrions établir un parallèle semblable entre les blaireaux, les gloutons, les putois, les loutres.

ORDRE. — En groupant ensemble le lion, le tigre, la panthère, le jaguar, le guépard, le chat domestique, le lynx et d'autres espèces, on a constitué la *famille* des chats, de même qu'on a formé la *famille* des chiens, la *famille* des ours, etc. Toutes les familles précédentes, malgré les différences secondaires, forment un groupe de mammifères vivant de chair, à canines saillantes, à douze incisives, à petites molaires pointues et à doigts munis de griffes : on donne à un pareil groupe, plus vaste que les précédents, le nom d'**Ordre** et on ajoute le nom de **Carnivores** pour désigner celui qui comprend les animaux précédents, parce qu'ils se nourrissent essentiellement de la chair des autres animaux (*caro*, *carnis*, chair ; *vorare*, dévorer).

Nous pourrions répéter la même opération pour grouper les lièvres, les lapins, les rats, les souris, les écureuils, etc., et former l'*ordre des* **Rongeurs**, parce que tous manquent de canines, et coupent au moyen de leurs incisives, en faisant marcher la mâchoire inférieure d'avant en arrière et d'arrière en avant.

Tel est le procédé qu'ont suivi les naturalistes pour diviser les mammifères en un certain nombre d'*ordres*, dont l'ensemble constitue la *classe* des Mammifères. On fait de même pour établir la *classe* des Oiseaux, celle des Reptiles, celle des Batraciens et celle des Poissons.

Ces exemples montrent mieux que toutes les considérations la façon dont on a fait la distribution méthodique des animaux, selon les ressemblances qu'ils présentent dans leur organisation. C'est à la suite d'une série d'opérations intellectuelles, basées sur l'étude des êtres, qu'on est arrivé à faire les *espèces*, les *genres*, les *familles*, les *ordres*, les *classes*.

Notre illustre naturaliste Buffon l'a déjà compris ainsi au XVIIIe siècle : « La nature n'a ni classes, ni genres, elle ne comprend que des individus ; ces genres et ces classes sont l'ouvrage de notre esprit. »

VERTÉBRÉS ET INVERTÉBRÉS. — En comparant les animaux qui rentrent dans les groupes précédents, on voit qu'ils ont tous du sang. Le philosophe et naturaliste grec Aristote leur a déjà donné, quatre siècles avant notre ère, le nom de *enaima* (*aima*, sang). Ils possèdent tous une colonne vertébrale : d'où le nom d'*animaux à vertèbres* ou **VERTÉBRÉS**, par lequel les a désignés le naturaliste français Lamarck, au commencement de ce siècle.

Tous les autres animaux manquent de sang à globules rouges ; ce sont les *anaima* d'Aristote (*a* privatif), ou les *animaux sans vertèbres* de Lamarck ou **INVERTÉBRÉS**. La présence ou l'absence de la colonne vertébrale nous permet donc de reconnaître deux formes principales parmi les animaux : 1° les **VERTÉBRÉS**, 2° les **INVERTÉBRÉS**.

Chez les vertébrés, le système nerveux central est renfermé, comme chez l'homme, dans une enveloppe squelettique conjonctive, cartilagineuse ou osseuse, qui se compose des vertèbres et du crâne. Ils forment l'*embranchement* ou le *type* des **VERTÉBRÉS**.

Quant aux invertébrés, ils présentent entre eux des formes bien différentes et constituent plusieurs grandes divisions.

L'escargot, la limace, etc., ont le corps mou et souvent protégé par une coquille ; le système nerveux se compose de plusieurs masses éparses. La mollesse de leur corps a fait donner à ces animaux le nom de Mollusques, formant l'*embranchement* ou le *type* des **MOLLUSQUES**.

Le hanneton, l'écrevisse, etc., ont une enveloppe le plus souvent dure et subdivisée en anneaux. Ils forment le groupe des **ANNELÉS**. Parmi ceux-ci, les uns ont des appendices formés d'une série d'articles ; de là le nom d'*Articulés*, constituant l'embranchement ou le type des **ARTICULÉS**. Les autres sont formés d'anneaux dépourvus d'appendices articulés et forment le type des **VERS**.

Chez la plupart des animaux des groupes précédents, les organes du mouvement et des sens sont disposés symétriquement aux deux côtés d'un axe. Ils ont une symétrie bilatérale.

Il existe enfin nombre d'animaux inférieurs chez lesquels les organes du mouvement et des sens sont placés comme les rayons autour d'un centre. Il suffit de citer les étoiles de mer, les polypes, les anémones ou orties de mer. Cuvier a réuni tous ces animaux dans l'embranchement ou type des **RAYONNÉS**.

Les animaux qui appartiennent aux divisions précédentes ont le corps formé par la réunion d'un grand nombre de cellules ou dérivés de cellules ; ils constituent les **MÉTAZOAIRES** (*méta*, après ; *zoon*, animal).

Il existe enfin des animaux de petite taille dont chacun n'est constitué que par une masse correspondant à une seule cellule ; ils forment la division des **PROTOZOAIRES** (*protos*, premier).

Dans plusieurs de ces divisions, il a fallu, avec les progrès de nos connaissances, établir d'autres groupes secondaires, mais nous admettrons, pour simplifier, cinq grandes formes animales : les **VERTÉBRÉS**, les **MOLLUSQUES**, les **ANNELÉS**, les **RAYONNÉS** et les **PROTOZOAIRES**.

I. — VERTÉBRÉS

Parmi les Vertébrés, les uns, dont fait partie l'homme, possèdent des glandes spéciales, les *mamelles*, sécrétant le lait dont ils nourrissent les jeunes : ce sont les **Mammifères** (*mamma*, mamelle ; *fero*, je porte). Leur peau est munie de poils : d'où le nom de **Pilifères** (*pilus*, poil) que leur a donné le grand zoologiste français de Blainville, vers 1820.

Les autres ont des plumes : ce sont les **Oiseaux**.

D'autres, tels que la tortue, le lézard, le serpent, ont la peau recouverte d'écailles, et, comme les mammifères et les oiseaux, respirent toute la vie au moyen de poumons : on les appelle les **Reptiles** (*reptare*, ramper), parce que, dans leur mode de progression, ils traînent leur corps à terre.

Un quatrième groupe de vertébrés comprend des animaux, tels que la grenouille, le triton, possédant une respiration aquatique dans le jeune âge ou toute la vie, et pourvus d'une peau nue, lisse et visqueuse. On les nomme **Batraciens** (*batrachos*, grenouille) ou encore **Amphibiens** (*amphi*, de part et d'autre ; *bios*, vie), parce qu'ils peuvent vivre à terre et dans l'eau.

Un cinquième groupe est formé par les **Poissons**, qui ont une respiration aquatique et la peau nue ou couverte d'écailles.

Les Mammifères, les Oiseaux, les Reptiles, les Batraciens et les Poissons constituent ensemble une grande division du règne animal, à laquelle, au début de ce siècle, notre grand Cuvier a donné le nom d'*embranchement*, et, de Blainville, celui de *type*. L'embranchement des Vertébrés comprend, en effet, des animaux munis, comme l'homme, d'un squelette interne. Ce squelette constitue une colonne de sustentation pour tout le corps. Ses prolongements circonscrivent deux tubes : l'un dorsal, renfermant les centres nerveux ; l'autre ventral, logeant le canal alimentaire et les organes principaux de la vie de nutrition.

A. — Mammifères.

Caractères généraux — Outre les mamelles, la peau des mammifères est pourvue de poils, et, si ces formations épidermiques sont rares chez certains d'entre eux qui habitent sous les tropiques (éléphant) ou qui vivent dans l'eau (baleine), elles ne leur font pas complètement défaut. Les baleines et les marsouins portent des soies courtes sur les lèvres et les jeunes éléphants ont une robe bien fournie. Pour la structure, voir p. 297.

SQUELETTE. — Le squelette des mammifères reproduit, dans son ensemble, celui de l'homme : le crâne est composé d'os analogues ; les os de la face sont également arrangés pour former : 1° un massif, le *maxillaire supérieur* et 2° le *maxillaire inférieur*. Ces derniers sont plus proéminents que chez l'homme. La colonne vertébrale, dirigée horizontalement, montre les régions cervicale, thoracique, lombaire, sacrée et coccygienne. Cette dernière, c'est-à-dire la *queue*, présente parfois quarante vertèbres, dont les dernières ou ultimes perdent toutes leurs apophyses et se réduisent à un osselet allongé et arrondi comme une phalange. A leur face ventrale, les vertèbres caudales sont pourvues, chez les cétacés par exemple, d'un arc osseux en V, qui abrite les vaisseaux allant au bout de la queue. Le cou n'a que *sept* vertèbres, même chez la girafe. La cage thoracique est constituée par un nombre variable de côtes. Le sternum est généralement aplati, sauf chez la chauve-souris et la taupe, où des muscles puissants viennent, comme nous le verrons chez les oiseaux, s'insérer sur une crête médiane de la poitrine (sternum).

Tous les mammifères, sauf les cétacés, ont deux paires de membres ; la forme et le nombre des doigts sont variables et sont d'excellents caractères pour grouper et séparer ces animaux les uns des autres. J'ajoute encore que les singes, dont les membres thoraciques jouissent de mouvements fort étendus, ont une clavicule très développée ; celle-ci se réduit déjà chez les animaux qui ont des griffes (chat, etc.) et disparaît chez les animaux à sabots (porc, bœuf, cheval) (voir plus loin *Membres*).

CIRCULATION, etc. — Les organes de la circulation rappellent ceux de l'homme ; tous les mammifères ont une circulation à sang rouge et à sang noir, ainsi qu'un cœur double. La respiration se fait au moyen de deux poumons. La température du corps est constante, sauf chez ceux qui sont sujets au sommeil hibernal.

TUBE DIGESTIF. — DENTURE. — Le tube digestif des mammifères a le même trajet et la même conformation générale que chez l'homme. Cependant les divers segments varient notablement d'un animal à l'autre.

Les principales différences qui s'observent chez les mammifères portent sur la conformation de leur tube digestif et de leurs membres. En se fondant surtout sur les différences présentées par ces deux sortes d'appareils, on a pu établir parmi eux des groupes secondaires, qui sont les ORDRES.

Comme chez l'homme, les mâchoires sont presque toujours munies de dents. Le fourmilier et la baleine en manquent à l'âge adulte ; pour s'emparer de sa proie, la baleine, par exemple, a son palais pourvu de grandes lames cornées, effilées sur leurs bords (les *fanons*) et dont elle se sert comme d'un filet (fig. 278).

Parmi les mammifères qui ont des dents, les uns ont les trois sortes de dents, comme l'homme; les autres, tels que le lapin, manquent de canines (fig. 260); le bœuf, le mouton, etc., non seulement sont dépourvus de canines, mais ont la mâchoire supérieure privée d'incisives (fig. 261).

Il y a un rapport et une corrélation remarquable entre la conformation des extrémités des membres et la configuration du canal alimentaire. Les griffes du chat et du chien concordent avec des dents aiguës pour atteindre et déchirer la proie. Des sabots munissent les extrémités de ces animaux qui se nourrissent d'herbe et dont les dents en forme de meules sont propres à broyer les substances les plus dures. Tout le tube digestif est en harmonie avec les instruments de locomotion et de préhension.

Fig. 258. — Dents d'un Carnivore (dents de la moitié des mâchoires supérieure et inférieure d'un Chat). *i*, incisives; *c*, canines; *m*, molaires.

Une revue rapide va mettre ces faits en plein relief.

Le chat, le lion, le tigre, etc., n'ont que 30 dents : 12 incisives, 4 canines et 14 molaires (fig. 258). La formule dentaire, pour la moitié des mâchoires, est donc

$$I.\ \frac{3}{3}\quad C.\ \frac{1}{1}\quad M.\ \frac{4}{3}$$

Les incisives sont petites; les canines sont coniques et allongées; les molaires présentent une couronne hérissée de lobes aigus propres à déchirer la chair. Le condyle de la mâchoire inférieure est allongé transversalement; il est reçu et comme emboîté dans une cavité du temporal. Grâce à cette disposition, la mâchoire inférieure ne jouit que des mouvements d'élévation et d'abaissement, et divise la chair, placée entre les deux rangées de dents, à la façon des lames des ciseaux. Ces animaux figurent le type du **Carnivore** (voir p. 388).



Fig. 259. — Dents d'un Insectivore (Taupe).

Le nombre des dents est plus grand chez le chien, le loup, l'ours; leur forme y est la même pour ce qui concerne les incisives, les canines et les petites molaires. Celles-ci sont suivies de grosses molaires, plus nombreuses et moins aiguës. Aussi ont-ils un régime moins exclusivement carnivore.

La taupe, le hérisson et la musaraigne possèdent les trois sortes de dents; ils

ont les molaires hérissées de pointes aiguës propres à broyer les insectes dont ils se nourrissent : ils ont un régime *insectivore* (fig. 259).

Le porc et le sanglier ont 44 dents, divisées en incisives, en canines ou *défenses* et en molaires. Le régime de ces animaux est omnivore et la forme de leurs dents rappelle celles de l'homme.

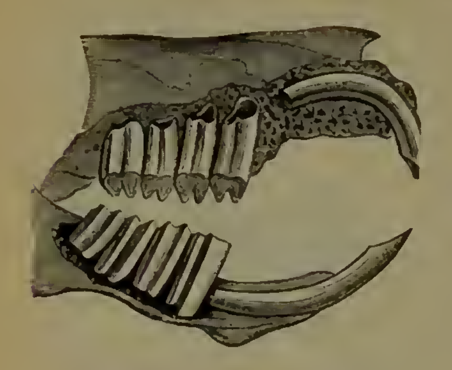


Fig. 260. — Dents d'un Rongeur (Cochon d'Inde).

Le lapin, le lièvre, la souris, etc., manquent de canines et le condyle de leur mâchoire inférieure roule d'avant en arrière et d'arrière en avant sur le temporal. Ce mouvement leur permet de couper avec les incisives; de là la dénomination de **Rongeurs** donnée à ces animaux.

Le cheval a des incisives et des canines aux deux mâchoires; la jument manque de canines; les molaires présentent des crêtes sinueuses.

Le bœuf, le mouton, la chèvre n'ont pas de canines et leur mâchoire supérieure est privée d'incisives (fig. 261).

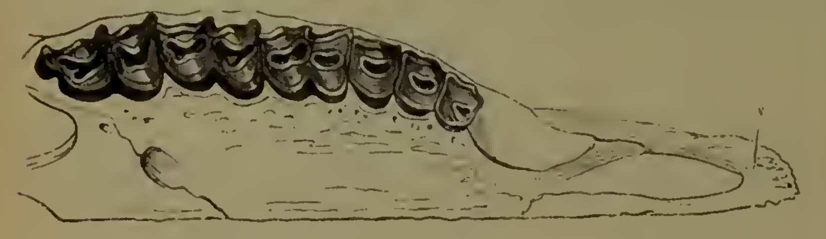




Fig. 261. — Dentition d'un Ruminant (Mouton).

s, moitié de la mâchoire supérieure; *i*, moitié de la mâchoire inférieure.

Le condyle de la mâchoire inférieure permet à ces animaux des mouvements de latéralité très étendus pendant la mastication.

Estomac. — Chez le chat et le chien, l'estomac est simple et a la structure de celui de l'homme. Chez le porc, il est simple encore, mais la muqueuse de l'œsophage se continue sur une certaine étendue dans sa cavité.

Chez le lapin et le cheval, l'estomac est divisé en deux sacs : l'un, à droite du cardia, a la structure de l'œsophage; l'autre, situé à gauche, est revêtu d'une muqueuse à glandes gastriques. Chez le bœuf, le mouton, la chèvre, etc., l'estomac se distingue par son développement considérable et se divise en quatre poches : à l'œsophage *a* fait suite (fig. 262) un premier compartiment, ***bb***, la *panse*, *herbier* ou *rumen*, dont la muqueuse ressemble à celle de la langue par ses papilles et son épithélium corné est pavimenteux stratifié. La seconde poche est le *bonnet* (*c*), dont la surface interne présente une série de cloisons qui, en se réunissant, forment des loges : d'où le nom de *réseau* donné au bonnet.

La troisième poche est le *feuillet* (fig. 262, *d*). Sa muqueuse est hérissée d'une série de lames, disposées comme les feuillets d'un livre et dont les intervalles laissent passer les matières alimentaires. La muqueuse du bonnet et du feuillet a la structure de celle de la panse.

Enfin la quatrième poche est appelée *caillette*, parce que le suc qu'elle sécrète chez le veau caille ou coagule le lait. Sa muqueuse molle et spongieuse rappelle celle de l'estomac de l'homme, dont elle possède la structure. C'est elle qui sécrète le suc gastrique chez l'animal adulte.

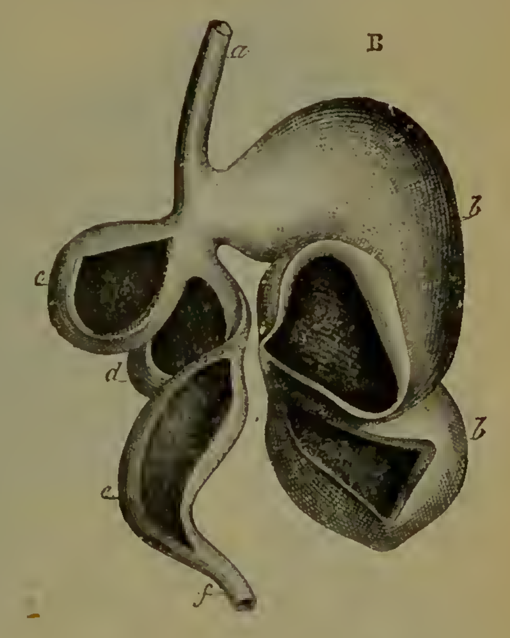


Fig 262. — Estomac (ouvert) de Ruminant (Mouton).

a, œsophage; *b*, panse; *c*, bonnet; *d*, feuillet; *e*, caillette; *f*, commencement de l'intestin.

Les animaux qui sont pourvus de ces quatre estomacs avalent les aliments après les avoir grossièrement mâchés. Ceux-ci tombent dans la panse, où ils s'accumulent. Animaux craintifs la plupart et peu armés pour la défense, ils se hâtent de gagner un lieu sûr, où ils procèdent tranquillement à la trituration des substances avalées. Ils possèdent, en effet, la faculté de faire remonter les aliments dans la bouche pour les mâcher convenablement et pour les avaler définitivement. Cet acte porte le nom de *rumination* et les animaux qui jouissent de cette propriété sont dits **Ruminants**.

En résumé, dans l'estomac compliqué de ces animaux, la panse sert de réservoir aux aliments solides, le bonnet aux liquides. Le feuillet achève la trituration des aliments qui passent entre ses lames. La caillette, enfin, joue le même rôle que l'estomac de l'homme en versant le suc gastrique sur les aliments et en les réduisant en chyme.

On voit, par ces exemples, que chez les animaux qui se nourrissent de chair, toute la muqueuse stomacale est capable de sécréter du suc gastrique. Chez le porc déjà, une petite portion ne sert que de réservoir. Parmi les herbivores, nous voyons que chez le lapin, le cheval, etc., toute la portion gauche de l'es-

tomac joue le rôle de réservoir, tandis que la portion droite seule représente le véritable estomac. Chez les ruminants enfin, nous trouvons que, des quatre poches stomacales, la dernière seule est pourvue de glandes gastriques ; les autres servent à emmagasiner provisoirement une forte quantité de nourriture.

Intestin. — L'intestin est d'autant plus court que les animaux ingèrent des aliments plus substantiels. Celui du chat n'est long que de 2 mètres ; celui du chien a une longueur de 4 à 5 mètres. L'intestin du porc acquiert déjà une étendue considérable. Celui du lapin est de 6 mètres, et son cæcum est si vaste, qu'il figure pour ainsi dire un second renflement stomacal. Il en est de même chez le cochon d'Inde. L'intestin du cheval acquiert une longueur de 26 mètres



Fig. 265. — Jeune Chimpanzé.

environ ; chez le mouton et la chèvre, il a une longueur presque aussi grande. Chez le bœuf, enfin, l'intestin est deux fois aussi long que chez le cheval, à savoir 50 mètres environ.

Plus les aliments sont durs et moins ils contiennent de substances nutritives, plus l'étendue de l'intestin est considérable.

REINS. — Les *reins* sont au nombre de deux et affectent à peu près partout la forme de haricot ; leur structure est la même au fond, bien que le rein des petits mammifères se réduise à une seule pyramide, tandis que chez le bœuf, par exemple, les pyramides sont séparées les unes des autres et forment autant de lobes distincts. La *vessie* est constante chez les mammifères.

SYSTÈME NERVEUX ET ORGANES DES SENS. — Le système nerveux des

mammifères se rapproche le plus de celui de l'homme : aussi présente-t-il les mêmes parties, sauf quelques différences secondaires.

La moelle, logée dans le canal vertébral, s'étend souvent dans la région sacrée. Elle présente des renflements *brachial* et *lombaire*, d'autant plus prononcés que les membres sont plus développés : le kangouroo, à membres abdominaux très forts, a un renflement lombaire très considérable ; les cétacés, qui sont privés de membres abdominaux, manquent de renflement lombaire.



Fig. 264. — Squelette de Gorille et squelette d'Homme, représentés à la même échelle.

L'encéphale présente des différences plus marquées ; nous les connaissons (voir p. 255).

Les *yeux* existent presque partout, mais ils sont atrophiés chez ceux qui vivent sous terre (taupe).

L'*organe de l'ouïe* comprend les mêmes parties que celui de l'homme ; cependant le pavillon fait défaut ou à peu près chez les mammifères aquatiques et souterrains.

L'*odorat* et le *goût* siègent dans des organes semblables à ceux de l'homme (voir p. 316 et 324) et sont très développés.

Quant au *toucher*, il s'exerce chez beaucoup de mammifères soit par la langue, soit par les lèvres, soit par la trompe. J'ai déjà signalé (p. 311) les poils rigides qui garnissent les lèvres de quelques-uns et qui sont des organes tactiles très délicats.

MEMBRES ET DOIGTS. — L'homme et les singes ont cinq doigts à chacun de leurs membres ; le pouce est opposable aux membres thoraciques seulement chez l'homme, qui forme l'ordre des **Bimanes** (*bis*, deux ; *manus*, main). Les singes ont non seulement le pouce, mais encore le gros orteil opposable ; ils constituent l'ordre des **Quadrumanes** (fig. 265). Linné a réuni l'homme et les singes dans un groupe unique, auquel il a donné le nom de **Primates** (*primates*, premiers citoyens). Chez la plupart des singes, la colonne vertébrale se prolonge en une longue queue. Il n'en est pas de même chez le chimpanzé (fig. 263 et 264), le gorille et l'orang-outang, qui sont privés, comme l'homme,



Fig. 265. — Main et pied de Singe anthropoïde.

d'appendice caudal. Aussi comprend-on ces derniers singes dans la famille des **Anthropoides** (*anthropos*, homme ; *eidos*, ressemblance).

Le chien, le chat, etc., ont cinq doigts aux membres thoraciques, quatre ou cinq aux membres abdominaux, mais le pouce ne s'appuie plus sur le sol et n'est pas opposable. Les doigts sont munis de griffes. Nous avons vu (p. 515) que les griffes sont souvent rétractiles chez les **Carnivores**.

Quelques carnivores, tels que le phoque, l'otarie et le morse, mènent une vie aquatique : leurs doigts sont pourvus d'ongles, mais une membrane les réunit de façon à transformer leurs membres en nageoires ; on en a fait l'ordre des **Carnivores marins** ou **Pinnipèdes** (*pinna*, aile) ; on les appelle encore **Amphibies**,



Fig. 266. — Squelette de la Taupe.

Fig. 267. — Squelette de la nageoire d'un Dauphin (Globiceps).
a, humérus très court et soudé à l'avant-bras, formé d'un cubitus (*c*) et d'un radius (*b*) très courts également; *e*, carpe; *d*, métacarpe et doigts formés d'un grand nombre de phalanges formant une tige immobile.

parce qu'ils vivent également à terre, ou **Empêtrés**, parce qu'ils se meuvent avec difficulté sur la terre ferme. Ils ont le cou très mobile.

Pachydermes. — Cuvier, prenant surtout en considération les téguments épais dont certains mammifères pourvus de sabots sont recouverts, les réunit en un groupe qu'il appela *Pachydermes* (*pachys*, dur; *derma*, peau). Il y comprit l'éléphant, le rhinocéros, le porc, le cheval, etc. En y regardant de plus près, on trouve des différences notables entre ces animaux, de sorte qu'il est très facile d'en faire des groupes distincts.

Les éléphants ont aux quatre membres cinq doigts soudés, mais munis chacun d'un petit sabot. Le tube digestif est celui d'un herbivore à estomac simple; les dents sont de deux sortes : deux incisives à la mâchoire supérieure seulement, mais ayant un développement énorme; ce sont les *defenses* produisant l'ivoire. Les molaires sont au nombre de 2 ou 3 à chaque mâchoire; elles sont massives et peuvent être remplacées six à huit fois. Enfin, le nez s'allonge d'une façon colos-

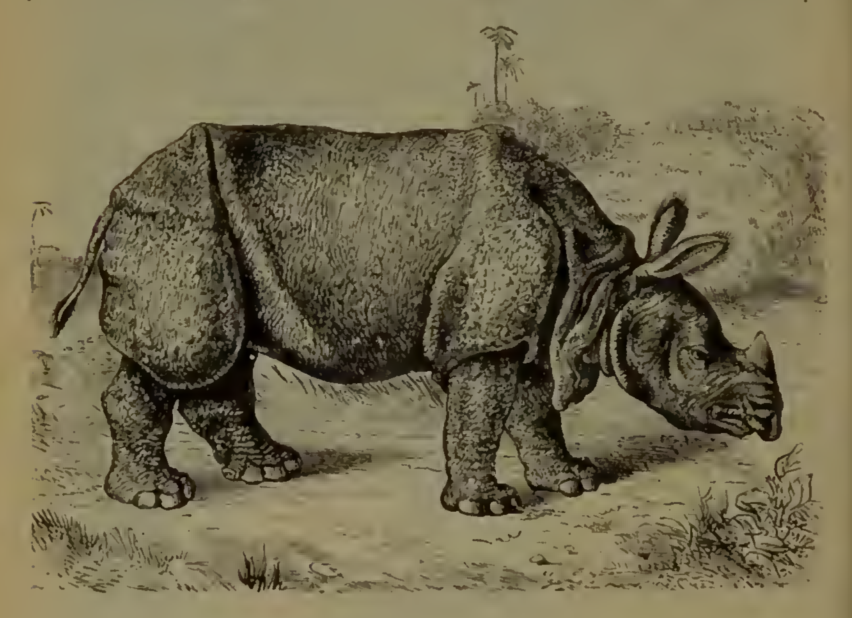


Fig. 271. — Rhinocéros.

sale; il est mû par de nombreux muscles et devient ainsi un organe de préhension, de tact et de défense : on l'appelle *trompe*; d'où l'*ordre des* **Proboscidiens** (*proboscis*, trompe), représenté aujourd'hui par l'éléphant d'Asie et par l'éléphant d'Afrique, mais dont il a existé dans le temps des représentants même en Europe. Qu'il suffise de citer le Mammouth, qui était couvert de longs poils, à l'encontre des éléphants d'aujourd'hui, à peau à peu près nue.

A côté des éléphants il faut placer les tapirs, dont le nez est également prolongé en une trompe mobile. Ce sont des animaux de petite taille, très paisibles, qui vivent près des cours d'eau de l'Inde et de l'Amérique. Ils ont 4 doigts aux membres thoraciques et 3 aux membres abdominaux.

Le rhinocéros est le type du pachyderme, sa peau formant une vraie cuirasse. Celle du nez produit une ou deux saillies cornées : d'où le nom de *rhinocéros* (*rhin*, nez; *céros*, corne). Les membres n'ont que 3 doigts, enveloppés de larges sabots. Ce sont des animaux herbivores, de mœurs brutales et stupides, habitant les mêmes régions que l'éléphant.

Le cheval n'appuie sur le sol que par le doigt du milieu (fig. 273), envelopp

1. Porc.

2. Chèvre (les deux doigts latéraux et incomplets ne sont pas figurés).

3. Cheval.

b, *c*, os de l'avant-bras (soudés);

d, carpe;

d', métacarpiens; soudés en 2 et 3, de manière à constituer un canon;

d'', doigts.

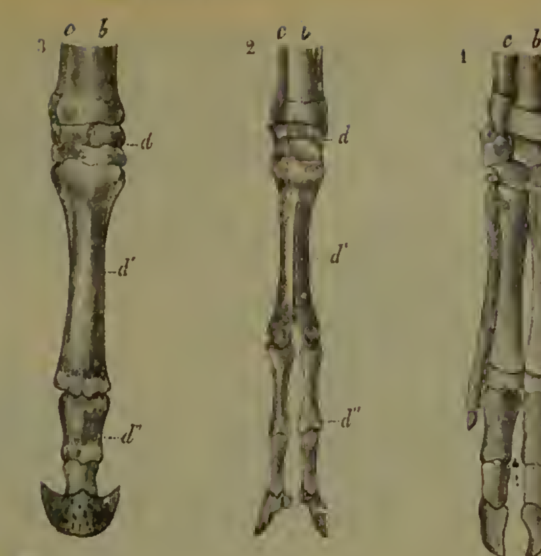
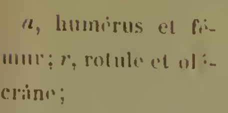


Fig. 272 — Pieds thoraciques d'Ongulés.



a, humérus et fémur; *r*, rotule et olécrâne;

b, radius et tibia;

c, cubitus et péroné rudimentaire;

d, carpe et tarse;

d', métacarpien et métatarsien uniques avec les stylets latéraux;

d'', unique doigt avec les 3 phalanges.



Fig. 273. — Membres du Cheval (4, thoracique; 5, abdominal)

Fig. 274. — Hipparion (restauré).



Fig. 275. — Hippopotame.

d'un sabot large, mais cette colonne de sustentation est renforcée par deux stylets cachés sous les chairs, et figurant des métacarpiens et des métatarsiens rudimentaires. Chez l'ancêtre des chevaux actuels, l'hipparion (fig. 274), les deux doigts latéraux étaient complets et munis d'un petit sabot. On ne le trouve qu'à l'état fossile. A côté du cheval, nous plaçons l'âne, le zèbre, le daim, le couagga, etc.

Remarquons que tous les pachydermes que nous venons de citer ont des doigts au nombre de 5, 3 ou 1 : ce sont des **Pachydermes à doigts impairs**, ou bien **Périssodactyles** (*périssos*, impair; *dactylos*, doigt) (fig. 275).

Quant aux Pachydermes à doigts pairs, ou **Artiodactyles** (*artios*, pair), nous y trouvons des animaux à 4 doigts munis de sabots, tels que le porc, le sanglier (fig. 272, 1), l'hippopotame (fig. 275).

L'hippopotame (fig. 275) a les quatre doigts également développés, de sorte



Fig. 276. — Élan dont le bois figure une palette à bords dentelés

que les quatre sabots appuient sur le sol. Le porc fait de même sur les terrains marécageux, tandis que dans les endroits secs ses deux doigts du milieu touchent seuls le sol (272, 1). L'hippopotame vit dans les fleuves de l'Afrique. Les **Porcins** ont un représentant en Afrique : c'est le phacochère; en outre, aux Moluques on trouve le babiroussa; enfin un troisième, le pécari, vit en Amérique.

Chez les porcs, les deux doigts latéraux sont encore formés de trois phalanges; il n'en est plus de même chez les Ruminants, où les doigts latéraux n'ont plus qu'un squelette réduit à 1 ou 2 pièces, bien qu'ils soient coiffés d'un petit sabot (*ergot*, par opposition à l'*onglon*, ou sabot des doigts du milieu).

Les Ruminants sont caractérisés par la conformation de leur tube digestif et par la faculté de ruminer (voir p. 395). Qu'il nous suffise de citer le bœuf, le mouton, la chèvre, le chameau, la girafe, le cerf, etc. Beaucoup ont la tête

ornée de *bois* ; tels sont les cerfs, les daims, les chevreuils, les élans (fig. 276) et les rennes. Les bois sont des productions osseuses et se ramifiant d'autant plus que l'animal est plus âgé. D'autres ruminants, le bœuf, le mouton, chèvre, la gazelle, l'antilope, le chamois (fig. 277) ont des *cornes creuses*. Celles-ci sont supportées par une saillie de l'os frontal et se composent d'écailles cornées s'emboitant solidement.

La différence des *bois* et des *cornes* consiste en ce que l'épiderme des dernières devient corné, comme celui qui forme les ongles et les sabots, et ce manchon corné coiffe étroitement une saillie osseuse du frontal. Dans les *bois*, la production osseuse, le plus souvent ramifiée, est recouverte d'un épiderme qui reste mou.

La girafe a deux petites cornes formées d'épiderme.



Fig. 277. — Chamois.

Cétacés. — Outre les carnivores marins, la mer présente des mammifères qui vivent exclusivement dans l'eau et dont toute l'organisation est adaptée à ce milieu. Leur corps est tout d'une venue, comme celui des poissons, avec cette différence que son extrémité postérieure présente une queue en croissant, mais à direction horizontale (fig. 278). Les petits se nourrissent du lait de la mère ; ils ont toute la vie une respiration pulmonaire et une température constante. Ce sont donc bien des mammifères, dont les membres abdominaux ne sont pas apparents à l'extérieur et dont les membres thoraciques forment des palettes natatoires. On en distingue deux groupes : les **Cétacés** (*cetè*, baleine) proprement dits, et les **Sirénides**.

Les **Sirénides** sont des animaux marins vivant dans la mer des Indes, dans l'Océan, etc. Ils se nourrissent de végétaux (algues, etc.) ; leurs glandes mammaires

sont situées sur la poitrine; il est probable que c'est ce détail d'organisation qui a fait croire chez les Anciens à l'existence des Sirènes ou femmes marines.



Fig. 278. — Baleine.

Les **Cétacés** proprement dits comprennent les baleines, les cachalots, les dauphins, les marsouins. Comme nous l'avons dit, les baleines manquent de dents et

Fig. 279. — Fourmilier tamanoir.

attrapent les crustacés à l'aide des fanons (fig. 278); les cachalots n'ont de dents qu'à la mâchoire inférieure; les dauphins et les marsouins en ont aux deux mâ-

choires : ce sont des dents coniques en forme de crochets, au nombre de 180 à 200. Ces derniers cétacés se nourrissent de poissons.

Édentés. — Dans l'Amérique du Sud, on trouve des mammifères qui ont des caractères particuliers; les uns, tels que les *Paresseux* (unau, aï), vivent sur les arbres, où ils grimpent à l'aide de leurs longs doigts, au nombre de 2 ou 3, armés de fortes griffes. Leurs dents se réduisent à des molaires.

On trouve également dans l'Amérique du Sud des mammifères qui manquent de dents et se nourrissent de fourmis. Ils sont pourvus de griffes, pour creuser des trous et fouiller dans les nids des fourmis; introduisant alors leur langue couverte d'une salive visqueuse dans la fourmilière, ils engluent les insectes et les avalent.

On les appelle les *fourmiliers*. Leur peau est recouverte de poils, formant sur la queue même un beau panache (fig. 279).

Dans les mêmes régions habitent des mammifères dont



Fig. 280. — Maki aux pieds blancs.

la peau s'ossifie et présente des plaques osseuses disposées en bandes. Celles-ci leur forment ainsi une véritable cuirasse. On appelle ces animaux des *tatous* : ils n'ont qu'une seule sorte de dents (fig. 187).

Cuvier a réuni les divers mammifères précédents de l'Amérique sous le nom d'**Édentés** : mais, comme on le voit, tous ne manquent pas de dents. Ils constituent plutôt un groupe de mammifères particuliers à l'Amérique du Sud, où ils ont été précédés par des édentés gigantiques, tels que le *megathérium* (*még is*, grand ; *thérium*, animal).

En Afrique vivent des mammifères qui ont une grande ressemblance avec les précédents ; je cite : les pangolins, dont la peau est recouverte de plaques cornées et qui manquent de dents (fig. 188); les oryctéropes, dont l'extérieur rappelle celui des porcs.

Lémuriens. — A Madagascar, on observe des mammifères qui ont beaucoup d'analogies avec les Singes. Ce sont des animaux nocturnes, tels que les makis (fig. 280) et les indris : aussi les a-t-on appelés *Lémuriens* (*lemures*, spectres).

Ils vivent d'insectes, de petits mammifères, de fruits, et ont des dents semblables à celles des Insectivores. Les uns ont les mains et les pieds préhensiles et des ongles aplatis, sauf au deuxième orteil; les autres ont des griffes. On trouve d'autres Lémuriens en Afrique et en Asie.

Marsupiaux. — L'Australie est peuplée de mammifères dont l'organisation et l'évolution présentent de grandes différences avec celles des mammifères que nous venons d'étudier. Les petits viennent au monde dans un état de développement peu avancé; ceux du *kangourou géant*, qui atteint une taille de 2 mètres, sans compter la queue longue de 90 centimètres, sont gros comme une noix, à la naissance. En outre, ils sont si débiles, que la mère les abrite dans une poche cutanée placée sous le ventre (fig. 281). La paroi postérieure de cette poche est soutenue par un os particulier, l'*os marsupial* (fig. 282). Les petits



Fig. 281. — Mammifères à bourse (Kangourous).

y trouvent non seulement un abri et une température constante, mais encore leur nourriture, parce que les glandes mammaires sont situées dans cette poche, dite *marsupium* (poche, bourse). On donne à ces mammifères le nom de **Marsupiaux**. J'ajoute que les os marsupiaux existent chez les mâles également. Ils diffèrent entre eux autant que les mammifères de nos régions; en d'autres termes, il y a parmi eux des animaux qui par leur régime, leurs mœurs, leur organisation rappellent nos rongeurs ou les lémuriens; d'autres sont carnivores, d'autres insectivores, d'autres encore herbivores. Le kangouroo ou kangourou a les membres thoraciques courts, faibles; ses membres abdominaux, longs et forts, sont terminés par de petits sabots. Les membres abdominaux seuls lui servent pour la marche; avec leur aide et grâce à une queue très forte et très musculeuse, il fait des bonds prodigieux et arrive à fournir une course très rapide (fig. 281).

Ajoutons que les marsupiaux sont représentés en Amérique par les sarigues dont il existe plusieurs espèces.

En raison des différences d'organisation et de régime, il convient de faire chez les marsupiaux des groupes distincts ou ordres, comme dans les mammifères ordinaires.

Les uns sont **Herbivores** ou **Coureurs** : tels sont les kangourous, dont les nombreuses espèces ont une taille variant de celle du rat à celle de l'homme.

Les autres ont une denture et des mœurs de **Rongeurs**, vivant dans des terriers ou grimpant aux arbres ; je cite le wombat et le phalanger.

D'autres, enfin, ont l'organisation des carnassiers ; parmi ces derniers, les uns sont **Insectivores** et les autres **Carnivores** : le phascogale est aussi sanguinaire que notre belette, et un ennemi aussi redoutable des poulaillers de l'Australie. Les colons anglais lui ont donné, pour ce motif, le nom de *devil* (diable). Je cite, enfin, le loup à bourse ou thylacine, qui produit parmi les kangourous des ravages semblables à celui que fait le loup dans nos troupeaux. Je conclus de ces faits que les marsupiaux représentent un ensemble d'animaux comparable ou plutôt parallèle à celui que forment les mammifères ordinaires.

L'Ancien Continent était également peuplé de marsupiaux, dont on retrouve les restes fossiles avec l'os marsupial. Ils ont vécu en Europe avant l'apparition des mammifères actuels.

Monotrèmes. — Nous rappelons que les mammifères ont un rectum qui aboutit à un orifice spécial, l'*anus*, réservé aux matières fécales,

Fig. 282. — Squelette de Kangourou, montrant les os marsupiaux en *m*.

et une poche urinaire, ou vessie, qui s'ouvre au dehors par un orifice distinct. Nous verrons que chez les oiseaux le tube digestif et l'appareil urinaire ne se terminent pas à l'extérieur chacun par un orifice séparé, mais aboutissent à une poche commune appelée le *cloaque* (*cloaca*, égout). Or, il existe en Australie des animaux qui ont des os marsupiaux, qui ressemblent aux mammifères parce qu'ils sont couverts de poils ou de piquants, et qui rappellent les oiseaux par leurs mâchoires cornées et conformées en forme de bec. De plus ils possèdent un cloaque comme les oiseaux : de là leur nom de **Monotrèmes** (*monos*, seul ; *tréma*, pertuis).

On en connaît deux : l'un est l'ornithorhynque (*ornis*, oiseau ; *rhynchos*, bec) (fig. 285) ; il est couvert de poils, son bec corné est formé de deux mâchoires aplaties et munies de plaques cornées, comme celui du canard. Il a des pattes palmées et vit dans l'eau. L'autre est l'échidné (*échin*, hérisson), pourvu d'un bec allongé, mince et cylindrique. Sa peau est couverte de piquants, et des ongles très forts lui permettent de fouir (fig. 284), comme font le hérisson et le fourmilier.



Fig. 285. — Ornithorhynque.

Ces êtres partagent avec les Oiseaux la faculté de pondre des œufs. Il y a un siècle environ, on a découvert les œufs des Monotrèmes ; ils sont semblables à ceux des Oiseaux et des Reptiles. Contestée pendant longtemps, l'existence de ces œufs a été amplement démontrée dans ces dernières années. La mère qui vient de pondre cet œuf le place dans sa poche marsupiale. Grâce à la température de son corps, elle le fait éclore, et le petit qui en sort trouve abri et nourriture dans la poche marsupiale.



Fig. 284. — Échidné.

L'ornithorhynque vit près des cours d'eau, comme nos loutres, et se nourrit de vers et d'animaux aquatiques. L'échidné rappelle, par son genre de vie, le hérisson et le fourmilier.

TABLEAU DES MAMMIFÈRES

			Caractères	Ordres.
MAMMIFÈRES *ordinaires.*	Doigts pourvus d'ongles ou de griffes (onguiculés).		Pouce opposable aux membres thoraciques	*Bimanes* (Homme).
			Pouce opposable aux quatre membres	*Quadrumanes* (Singe).
		Carnassiers	Membres thoraciques transformés en ailes et servant au vol	*Chéiroptères* (chauve-souris).
			Canines saillantes, molaires tranchantes, griffes puissantes	*Carnivores* (chat).
			Molaires pointues, griffes pour creuser ou fouir	*Insectivores* (taupe).
			Quatre pattes palmées	*Carnivores marins* (phoque).
			Point de canines	*Rongeurs* (lapin).
	Doigts pourvus de sabots (ongulés).		Cinq doigts complets	*Éléphants.*
			Quatre doigts complets	*Hippopotames.* *Porcins.*
			Trois doigts	*Rhinocéros.*
			Deux doigts complets et rumination	*Ruminants* (bœuf).
			Un doigt complet	*Solipèdes* (cheval).
	Faune spéciale à l'Amérique du Sud et à l'Afrique			*Édentés* (fourmilier).
	Faune spéciale à Madagascar et aux régions voisines			*Lémuriens* (maki).
	Membres thoraciques transformés en ailerons			*Cétacés* (baleine).
MAMMIFÈRES *munis d'os marsupiaux.*	Faune spéciale à l'Australie et à l'Amérique			MARSUPIAUX formant plusieurs ordres.
	Cloaque. — Mâchoires cornées; poils ou piquants (Australie)			MONOTRÈMES (échidné et ornithorhynque).

B. — Oiseaux.

Caractères généraux. — Les Oiseaux forment un groupe des plus naturels; il est très facile de distinguer un oiseau de n'importe quel autre animal : « Un oiseau se reconnait à ses plumes. »



Fig. 285. — Plume à barbes adhérentes.

PLUMES. — Nous avons dit que la plume (voir p. 300) est une formation de l'épiderme, un appendice corné analogue au poil, et rappelant les piquants du porc-épic. La base de la plume est creuse et forme le *tuyau*; celui-ci est prolongé par une tige qui porte sur ses côtés des *branches* (*barbes*). Ces barbes sont garnies de rameaux secondaires (*barbules*). Les barbules sont elles-mêmes barbelées, et les derniers prolongements s'engrènent avec les crochets des barbules voisines, de sorte



Fig. 286. — Plume à barbules séparées.

que l'ensemble de la plume présente une surface continue et résistante qui s'oppose au passage de l'air (fig. 285). Chez les autruches, les barbes sont souples et libres (fig. 286); chez les casoars, les plumes manquent de barbes et ressemblent à des poils rigides ou à des piquants.

On donne le nom de *pennes* (*penna*, plume) aux longues plumes qui garnissent les ailes et la queue des oiseaux. Comme les plumes de l'aile font office de rames, on les distingue par la dénomination de *rémiges* (*remigare*, ramer) de celles de la queue, appelées *rectrices* (*regere*, diriger, gouverner), parce que ces dernières servent de *gouvernail* à l'oiseau pour modifier la direction du vol (fig. 287).

Les petites plumes à tige grêle, à barbules longues et fines, manquant de crochet, portent le nom de *duvet*. Celui-ci est très abondant chez l'*eider*, oiseau des régions froides; il est recueilli par les habitants et constitue l'*édredon*.

La forme du bec varie et est en rapport avec le régime de l'oiseau (voy. p. 118 et suivantes).

TUBE DIGESTIF. — Les oiseaux ont un canal alimentaire qui se distingue de



Fig. 287. — Les diverses parties du corps de l'Oiseau.

1, bec; 2. mâchoire inférieure; 3. pointe du bec; 4. mâchoire supérieure; 5, joue; 6. tempes; 7. front; 8. sommet de la tête ou vertex; 9, occiput; 10, région parotidienne; 11, gorge; 12. dessus du cou; 13, devant du cou; 14. dos; 15. lombes; 16. flancs; 17, poitrine; 18. ventre; 19. bas-ventre; 20, épaule; 21, couvertures des ailes; 22, rémiges ou pennes des ailes; 23. couvertures ventrales de la queue; 24, rectrices ou pennes caudales; 25, tarse; 26. orteils.

celui des mammifères par les particularités suivantes : Les mâchoires sont dépourvues de dents véritables et revêtues d'un étui corné ; c'est *le bec*. Souvent on y remarque des saillies en forme de dents, mais elles sont toujours cornées.

Nous avons appris à connaître (p. 50) le *jabot*, le *ventricule succenturié* et le *gésier* des oiseaux qui mangent des graines. Chez les oiseaux de proie, le vautour, le milan, par exemple, qui se nourrissent de substances animales, les parois

musculaires et les plaques cornées du gésier sont beaucoup moins développées que chez les granivores.

L'intestin grêle n'atteint que deux à trois fois la longueur du corps de l'animal et le gros intestin se caractérise par la présence de deux caecums (fig. 32, *i*, *i*).

Nous avons déjà indiqué (p. 408) que le gros intestin débouche, comme chez les monotrèmes, avec les conduits excréteurs de l'urine, dans une poche commune, le *cloaque* (fig. 32, *l*).

CIRCULATION. — L'appareil de la circulation ressemble à celui des mammifères; quelques différences secondaires sont à noter : L'orifice auriculo-ventriculaire droit, au lieu d'être fermé, comme le gauche, par une valvule membraneuse, présente un lambeau musculaire faisant le même office. En outre, la crosse de l'aorte, au lieu de se diriger à gauche, comme chez les mammifères, se recourbe à droite pour gagner la colonne vertébrale. Mais, comme chez les



Fig. 288. — Aile du Moineau, munie de ses pennes.

e, humérus; *f*, les deux os des avant-bras dont l'un, le cubitus, porte les pennes cubitales; *g*, main, formée de trois doigts : 1° le pouce, garni de deux pennes; 2° l'index, muni d'un grand nombre de pennes; 3° le troisième doigt en partie caché par la base de ces pennes.

mammifères, le cœur est double; le cœur gauche chasse le sang *rouge* dans l'aorte, le cœur droit pousse le sang *noir* dans l'artère pulmonaire.

RESPIRATION. — L'appareil de la respiration (fig. 289) se compose d'une trachée-artère, de bronches et de deux poumons. Les bronches ne se ramifient pas de la même manière que chez les mammifères, elles se divisent en canaux, dont les uns aboutissent aux alvéoles pulmonaires et les autres arrivent à la surface des poumons; là ils se continuent dans des poches spéciales. Celles-ci sont des sacs, dits *aériens*, qu'on trouve entre le poumon et la paroi thoracique, dans le cou, puis entre le paquet intestinal et la paroi ventrale de l'abdomen. Les sacs aériens communiquent, d'autre part, avec l'intérieur des os qui, au lieu de moelle osseuse, renferment de l'air. Ces sacs constituent des réservoirs d'air, en même temps qu'ils allègent le poids du corps.

Les poumons ne sont plus libres, comme chez les mammifères; ils sont attachés à la colonne vertébrale.

Le diaphragme est rudimentaire, de sorte que les poumons et les sacs aériens sont en contact avec les viscères de l'abdomen.

Telles sont les dispositions qui permettent à l'air de circuler dans tout le corps de l'oiseau.

Nous avons vu (p. 384) que, chez les oiseaux, le larynx *vocal* est situé à l'origine des bronches, de sorte qu'ils peuvent encore chanter quand on leur a ouvert la trachée-artère.



Fig. 289. — Poumons et sacs aériens d'un Oiseau (Coq).

a, *b*, trachée-artère ; *c*, bronches ; *d*, poumons ; *e*, poche ou sac aérien situé au niveau du cou (*claviculaire*) ; *f*, sac aérien situé dans la poitrine (*thoracique*) ; *g* et *h*, sac aérien situé dans la cavité abdominale (*abdominal*) ; *o*, *o*, ouvertures par lesquelles les conduits des bronches s'ouvrent dans les sacs aériens,

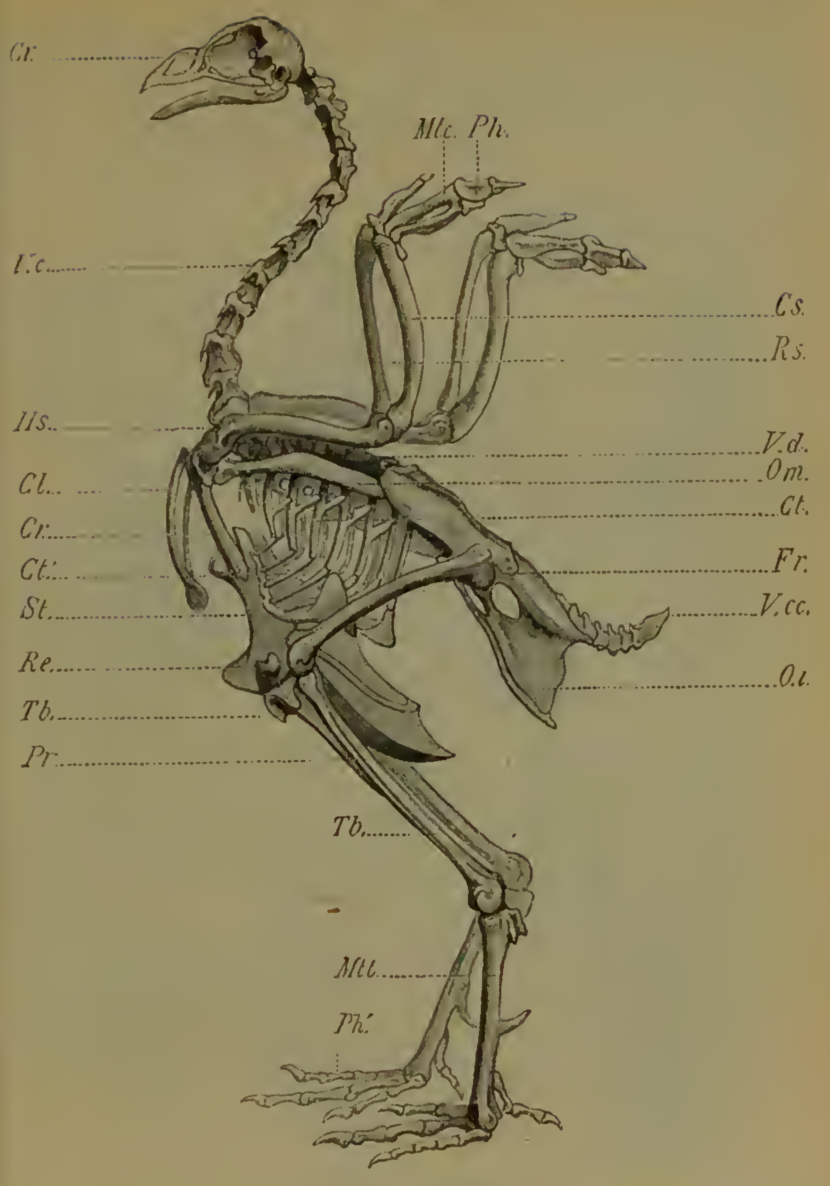


Fig. 290. — Squelette de Coq.

Cr, crâne ; *Vc*, vertèbres du cou ; *Hs*, humérus ; *Cl*, clavicules soudées constituant la fourchette ; *Cr*, coracoïdes ; *Om*, omoplate ; *Rs*, radius ; *Cs*, cubitus ; *Mtc*, métacarpiens ; *Ph*, phalanges des doigts ; *Cl*, *Ct'*, côtes ; *St*, sternum ; *Fr*, Fémur ; *Re*, rotule ; *Tb*, tibia ; *Pr*, péroné rudimentaire ; *Mtt*, métatarsiens, soudés entre eux pour former le « tarse » ; *Ph'*, phalanges ; *Oi*, coxal ; *Vcc*, coccyx.

Les *reins* existent sous la forme de deux bandes allongées situées de chaque côté de la colonne vertébrale. Ils ont la structure de ceux des mammifères, mais sécrètent une urine épaisse et blanchâtre, que l'uretère conduit dans le cloaque, sans présenter de *poche* ou *vessie* urinaire.

SQUELETTE. — Le squelette des oiseaux se caractérise par sa solidité et



Fig. 291. — Sternum plat d'un Ratite (Autruche d'Afrique), vu de face et de profil.

la tendance à se remplir d'air; il devient *pneumatique* (*pnéo*, je respire; *pneumaticos*, relatif à l'air), surtout chez ceux qui volent bien.

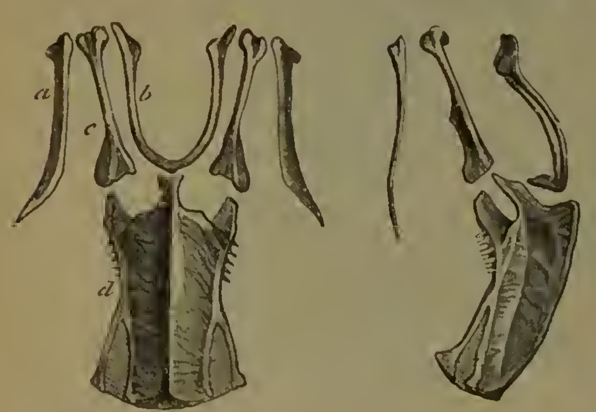


Fig. 292. — Sternum et os de l'épaule d'un Carinate, vus de face et de profil.

a, omoplate; *b*, fourchette; *c*, coracoïde; *d*, sternum.

Les os du crâne se soudent de bonne heure et semblent ne former qu'une seule pièce.

Les os de la face sont encore disposés pour constituer une mâchoire supérieure et une mâchoire inférieure; mais ces deux massifs osseux, composés chacun de plusieurs pièces, s'allongent et forment un bec proéminent, muni de bords cornés. Les deux mâchoires sont mobiles sur le crâne, et, grâce à une chaîne d'osselets située à la base du crâne, on voit la mâchoire supérieure s'élever dès que l'inférieure s'abaisse.

La colonne vertébrale des oiseaux est formée d'une région cervicale, très mobile, et des régions thoracique, lombaire et sacrée, constituant une tige rigide, suivie par quelques petites vertèbres coccygiennes mobiles (fig. 290). Comme chez les mammifères, les côtes des oiseaux présentent deux pièces, mais ici la ventrale (*Ct*), au lieu de rester cartilagineuse, s'ossifie jusqu'au sternum. Celui-ci représente un os légèrement bombé chez le casoar, l'autruche



Fig. 293. — Autruche d'Afrique et son petit.

(fig. 291) : d'où le nom de **Ratites**, donné au groupe d'oiseaux ainsi conformés (*ratis*, radeau, bateau plat). Les ratites se composent d'oiseaux qui ne volent point.

Chez les autres oiseaux, le sternum présente une crête médiane, saillante, le *bréchet*, anciennement *breschet* (de *brisket*, poitrine en kymri). Le bréchet a la forme de la carène d'un navire : on appelle ces oiseaux, pourvus de bréchet, des **Carinates** (*carina*, carène). L'extrémité antérieure du sternum est soutenue par

les deux clavicules soudées en une fourchette (*b*) et par l'*os coracoïde* (*c*). Ce dernier os représente l'*apophyse coracoïde* de l'omoplate humaine (fig. 292).

L'omoplate des oiseaux est un os allongé en forme de sabre. A la suite de l'omoplate vient un humérus, qui est suivi par un cubitus et un radius très longs (fig. 290). Le membre thoracique est terminé par une sorte de moignon, composé des trois premiers doigts rudimentaires (fig. 288).

Le membre abdominal est supporté par un os coxal, qui forme de chaque côté une pièce, intimement unie au sacrum ; mais la partie ventrale ou *pubis* ne rejoint pas, comme chez les mammifères, le pubis du côté opposé. La ceinture pelvienne est donc incomplète (fig. 290).

A la suite de l'os coxal viennent successivement le fémur (*Fr*), le tibia (*Tb*) et le péroné (*Pr*), soudé au tibia. Les métatarsiens et les os du tarse se fusionnent en une seule pièce osseuse, allongée, le *canon* (*Mtt*) ou tarse. Celui-ci est suivi



Fig. 294. — Aptéryx de la Nouvelle-Zélande.

de quatre orteils chez le coq : le premier, interne, est dirigé en arrière et appelé le pouce, qui est formé de deux phalanges ; les trois autres orteils sont dirigés en avant : le plus interne ou 2ᵉ a trois phalanges ; le moyen ou 3ᵉ, qui est le plus long, en a quatre, et l'externe ou 4ᵉ en possède cinq.

Les orteils, et le plus souvent le tarse, sont recouverts d'une peau écailleuse, semblable à celle des reptiles.

SYSTÈME NERVEUX ET ORGANES DES SENS. — La moelle épinière (fig. 161) remplit toute la longueur du canal vertébral et présente, au niveau de l'origine des nerfs des membres abdominaux, une formation spéciale (*k*) en forme de ventricule (*sinus rhomboïdal*).

Nous connaissons l'encéphale des oiseaux (p. 251). Il suffit d'ajouter que la protubérance annulaire manque comme le corps calleux.

Les nerfs crâniens et rachidiens, de même que le sympathique, n'offrent rien de particulier.

Les yeux sont très développés chez les oiseaux ; la sclérotique devient en partie osseuse et, chez beaucoup d'oiseaux, la choroïde forme un pli qui s'avance, à travers le corps vitré, vers le cristallin et qui s'appelle *peigne*.

Sauf le pavillon de l'oreille, toutes les parties de l'appareil auditif ont acquis un grand degré de perfection.

L'organe de l'odorat est logé dans les fosses nasales, qui sont garnies de cornets, comme chez les mammifères, et dont les orifices se trouvent à la base du bec.

La langue des oiseaux a un revêtement corné, sauf chez le perroquet, où elle est molle : on y trouve des organes spéciaux du tact (voir p. 308). Le goût paraît avoir son siége à la base de la langue, qui est plus molle et très riche en papilles.

Division des Oiseaux. — La conformation du sternum nous a permis de distinguer deux groupes d'oiseaux : les **Ratites** et les **Carinates**.

Ratites. — Les **Ratites** comprennent : 1° l'Aptéryx, de la Nouvelle-Zélande, un peu plus gros qu'une forte poule et dont les ailes rudimentaires sont impropres au vol : d'où son nom (*a* privatif, *ptéryx*, aile) ; 2° les Casoars d'Australie et de la Nouvelle-Guinée ; 3° Les Nandous de l'Amérique du Sud ; et 4° l'Autruche d'Afrique, atteignant une hauteur de deux mètres et demi environ (fig. 293).

Ces oiseaux courent très bien ; aussi, comme chez les mammifères coureurs, assistons-nous à la diminution du nombre des orteils : le nandou et le casoar ont *trois* orteils (2°, 3° et 4°) ; l'autruche en a *deux* (3° et 4°). On a réuni ces trois familles en un ordre, celui des *Coureurs*.

On a trouvé à Madagascar et à la Nouvelle-Zélande des squelettes d'oiseaux fossiles voisins de l'aptéryx et qui mesuraient plus de trois mètres de hauteur.

Carinates. — Les **Carinates** comprennent l'immense majorité des oiseaux, mais tous ne volent pas, car le manchot a des ailes rudimentaires, dont il se sert en guise de nageoires (fig. 296).



Fig. 295. — Pied de Palmipède.

Comme dans les mammifères, le milieu et le régime ont imprimé leurs marques particulières aux membres et au tube digestif des oiseaux. C'est là que nous trouverons les caractères distinctifs pour les grouper en ordres.

Chez les canards, les oies et les cygnes, les doigts sont réunis par une membrane ou palmure, de sorte que les pieds deviennent des nageoires (fig. 295). Leur bec est large et présente des lamelles cornées.

D'autres, tels que le manchot, vivent dans les mers ; ils ne volent point, mais plongent et nagent admirablement.

D'autres encore, les cormorans, les grèbes et les plongeons, sont bons voiliers et bons nageurs. Le caractère commun à tous ces oiseaux consiste dans les pieds palmés : d'où l'ordre des **Palmipèdes** (*palma*, paume de la main, feuille de palmier ; *pes*, *pedis*, pied).

Les oiseaux tels que les cigognes, les grues, les hérons, les pluviers, les vanneaux, etc., se tiennent dans les endroits marécageux ou sur le bord de l'eau. Leur canon ou tarse s'est allongé et leur tibia est nu, en sorte que l'oiseau semble monté sur des échasses : d'où le nom d'**Échassiers** (fig. 297).

Le coucou, le pic, le torcol ont les deux orteils extrêmes (pouce et quatrième orteil) dirigés en arrière, tandis que les deux autres (2° et 3°) sont tournés en avant. Ils s'en servent pour grimper aux arbres en s'appuyant sur leur longue queue. Ils forment l'ordre des **Grimpeurs** (fig. 299).

Les perroquets présentent une disposition semblable dans leurs pattes ; ils sont très intelligents et apprennent facilement à répéter des paroles et des phrases.

Ils sont originaires des régions tropicales. Certains auteurs les font rentrer dans les Grimpeurs; d'autres en font un ordre à part, celui des *Perroquets*.

Comme dans les mammifères, nous trouvons chez les oiseaux de vrais carnivores, se nourrissant de vertébrés à sang chaud; nous citerons les faucons, les vautours, les milans, les aigles. Ce sont des animaux robustes, dont les orteils, au nombre de quatre, sont munis de griffes puissantes, appelées *serres*. Ils ont la faculté de tourner en arrière les deux orteils extrêmes (fig. 300). Leur bec est fort et recourbé; il constitue une arme puissante. Comme ils maintiennent la proie vivante entre leurs serres et qu'ils la déchirent à coups de bec, on a donné à ces oiseaux le nom de **Rapaces** (*rapere*, *rapax*, saisir vivement). On distingue dans l'ordre de *Rapaces*, comprenant des *oiseaux de proie*, deux



Fig. 296. — Manchot.

groupes secondaires: l'un est représenté par l'aigle, le vautour, etc., qui sortent au grand jour (*Rapaces diurnes*); l'autre comprend les hiboux, les ducs, etc., qui chassent la nuit (*Rapaces nocturnes*). Ces derniers présentent une direction spéciale des yeux, qui, au lieu d'être tournés en dehors, regardent directement en avant, comme chez l'homme. Aussi les Anciens, comparant le hibou à un philosophe, l'avaient-ils donné pour compagnon à Minerve.

Quant aux oiseaux de basse-cour, les poules, ils ont le vol lourd et se nourrissent surtout de graines, sans dédaigner les insectes et les vers. Ils vivent en sociétés nombreuses. A côté des poules, on peut grouper les faisans, les lagopèdes, les perdrix, etc.; mais ce sont le coq et la poule (*gallus*, coq; *gallina*, poule) qui figurent le vrai type de l'ordre; d'où le nom de **Gallinacés** qu'il a reçu. Chez le coq (fig. 301), le tarse est pourvu d'une saillie osseuse et cornée, appelée *ergot*, qui sert d'arme à l'anim

A côté des Gallinacés prennent place les pigeons et les colombes, dont on ait un groupe à part, les **Colombidés**, en raison de leur conformation et de leurs mœurs différentes. Ils volent mieux et plus vite que les gallinacés et vivent par couples. Leur jabot présente deux diverticules sécrétant une matière semblable à du lait, qu'ils dégorgent pour nourrir les jeunes dans les premiers jours de leur éclosion.

Enfin, nous avons le nombre immense de petits oiseaux, vivant la plupart de chenilles, d'insectes de toutes sortes et souvent de graines; le moineau en est



Fig. 297. — Oiseau échassier (Échasse).

l'exemple le plus frappant et il a donné son nom à l'ordre des **Passereaux** (*passer*, moineau), qu'on appelle encore les **Oiseaux chanteurs**, parce qu'ils savent admirablement moduler leur voix. Les Passereaux se divisent en groupes secondaires à raison de la conformation de leur bec.

Les hirondelles, les salanganes, les engoulevents ont un bec aplati, largement fendu et forment les *Fissirostres* (*fissum*, fendu; *rostrum*, bec).

Les alouettes, les pinsons, les moineaux ont le bec fort et conique; ce sont les *Conirostres*.

Les corbeaux, les étourneaux, les pies-grièches, les oiseaux de paradis ont le bec faiblement crochu et portent des entailles sur la mâchoire supérieure; d'où résultent des pointes cornées en forme de dents; ils constituent les *Dentirostres*.

Les colibris, les oiseaux-mouches, les huppes ont le bec long et grêle; ce sont les *Ténuirostres*.

Les martins-pêcheurs, les calaos ont un bec grand, mais peu fort, et les deux



Fig. 298. — Pied de Foulque, échassier dont les orteils sont bordés d'une membrane frangée.



Fig. 299. — Pied d'Oiseau grimpeur.



Fig. 300. — Pied d'Oiseau rapace.



Fig. 301. — Pied de Coq (Gallinacé) *e*, ergot.

derniers orteils réunis par une membrane; ce sont les *Lévirostres* (*levis*, faible).

En résumant les caractères des Oiseaux, nous dresserons le tableau suivant de ces animaux :

			Ordres.
Ailes impropres au vol, absence de *bréchet*			*Ratites* ou *Coureurs*.
Ailes servant au vol ou à la natation, *bréchet*.	CARINATES.	Pattes palmées	*Palmipèdes*.
		Deux orteils tournés en avant, deux en arrière	*Grimpeurs*. *Perroquets*.
		Les deux doigts extrêmes peuvent être dirigés en arrière, *serres*; bec *crochu*	*Rapaces*.
		Vol lourd, vivent en troupes	*Gallinacés*.
		Vol plus puissant	*Colombidés*.
		Tarse allongé	*Échassiers*.
		Ongles et bec faibles, oiseaux chanteurs	*Passereaux*.

Oiseaux et reptiles fossiles. — Nous avons vu que les monotrèmes sont des animaux ayant une partie des caractères des oiseaux et une partie de ceux des mammifères; ils forment une transition naturelle entre ces deux groupes. De même nous trouvons dans les couches terrestres des animaux ayant possédé et réuni des organes qui aujourd'hui existent séparément sur les Oiseaux et les Reptiles. A l'époque où se sont déposés les terrains du Jura, vivaient des êtres qui avaient des membres et des plumes comme les oiseaux d'aujourd'hui, des mâchoires pourvues de dents et une queue allongée comme les reptiles; la queue était formée d'un grand nombre de vertèbres et garnie de plumes



Fig. 302. — Squelette d'un oiseau à dents (*Hesperornis*).

Fig. 303. — Dent d'un oiseau fossile (*Hesperornis*), avec une dent de remplacement dans sa racine.

On en a découvert un ou deux échantillons, qu'on appelle l'*Archéoptéryx* (*archaios*, antique).

Dans les couches terrestres plus récentes, dans la craie de l'Amérique du Nord, on en a trouvé d'autres, ressemblant davantage aux oiseaux actuels, et dont les mâchoires sont également pourvues de dents semblables à celles du crocodile. On les a nommés *Hesperornis* (oiseau du couchant : *hesper*, couchant; *ornis*, oiseau), et *Ichthyornis* (*ichthys*, poisson) (fig. 302 et 303).

Il convient de signaler un autre groupe d'animaux étranges datant des époques jurassique et crétacée. Tel est le *Ptérodactyle* (*ptéron*, aile; *dactylos*, doigt). C'étaient des reptiles possédant des dents et dont le doigt externe de la main (5°)

correspondant à notre petit doigt, avait pris un développement et une longueur extraordinaires. Il supportait une membrane qui, de là, s'étendant le long



Fig. 504. — Ptérodactyle.

du membre thoracique jusqu'aux flancs, servait de parachute, sinon d'organe de vol (fig. 504).

C. — Reptiles

Caractères généraux. — Les tortues, les crocodiles, les lézards et les serpents ont la peau recouverte d'écailles cornées et respirent toute la vie au moyen de poumons.

TUBE DIGESTIF. — Le canal alimentaire rappelle, par certains traits, celui des oiseaux; le crocodile, par exemple, a un estomac à parois musculaires épaisses et semblable au gésier des oiseaux. Chez les autres reptiles, l'estomac est peu distinct de l'œsophage et se confond avec lui, comme nous le verrons chez les poissons. En raison du régime carnassier de la plupart des reptiles, leur intestin est court et offre peu de circonvolutions. Souvent on trouve, dans le gros intestin, une valvule spéciale rappelant celle des poissons cartilagineux (fig. 519). Le cloaque existe toujours.

Les tortues ont sur leurs mâchoires un revêtement corné, une sorte de bec comme les oiseaux. Les crocodiles sont les seuls qui aient les dents implantées dans des alvéoles, à la façon des mammifères. Les lézards et les serpents ont des dents soudées aux mâchoires et disposées sur plusieurs rangées.

CIRCULATION. — Les organes de la circulation présentent une constitution moins parfaite que ceux des oiseaux et des mammifères.

Chez le crocodile, le cœur est pourvu d'un ventricule droit (fig. 505, *c*) et d'un ventricule gauche (*g*), qu'une cloison sépare complètement; il existe de même deux oreillettes distinctes et séparées (*b* et *f*). Le sang noir et le sang rouge sont donc isolés dans le cœur. Comme chez les oiseaux, le ventricule gauche

du crocodile (*g*) donne naissance à l'aorte, qui se recourbe à droite et fournit les artères brachio-céphaliques (*h'*) allant porter le sang *rouge* à la tête et aux membres thoraciques. Comme chez les oiseaux, le ventricule droit (*c*) donne naissance à l'artère pulmonaire (*d*) qui porte le sang noir au poumon. Mais de ce même ventricule droit part un deuxième canal artériel (*i*) emmenant également du sang noir, se recourbant en crosse et allant se jeter dans l'aorte (*k*), en arrière du point où celle-ci a fourni les vaisseaux de la tête et du membre thoracique. Il résulte de cette disposition que l'aorte abdominale, et, par suite, les viscères et le train abdominal renferment un mélange de sang rouge et de sang noir.



Fig. 505. — Cœur de crocodile et vaisseaux principaux.

a, *a*, veines caves; *b*, oreillette droite; *c*, ventricule droit; *e*, veines pulmonaires; *h*, aorte; *h'*, troncs brachio-céphaliques; *i*, tronc ou canal artériel allant du ventricule droit à l'aorte descendante (*k*); *d*, artère pulmonaire partant également du ventricule droit; *f*, oreillette gauche; *g*, ventricule gauche.

A l'endroit où l'aorte, qui vient du ventricule gauche, et l'artère pulmonaire, qui sort du ventricule droit, se croisent et s'accolent, il existe dans leurs parois un très petit orifice qui permet le mélange des sangs rouge et noir. Cet orifice a été découvert par le médecin italien Panizza : d'où son nom de *trou de Panizza*.

Chez les autres reptiles (fig. 506), le ventricule gauche donne également naissance à une aorte (*n*); quant au ventricule droit, il fournit l'artère pulmonaire (*d*) et un canal artériel (*i*) comparable à celui qui existe chez les crocodiles. Il existe également deux oreillettes, dont la gauche (*f*) reçoit le sang des veines pulmonaires (*e*), et la droite (*b*) le sang des veines caves (*a*); mais les ventricules n'offrent plus qu'une seule cavité, la cloison interventriculaire étant incomplète. Le mélange des sangs rouge et noir se fait ici aussi bien dans l'organe central de la circulation que dans l'aorte abdominale (*k*).

En résumé, la circulation du sang se fait chez les reptiles comme chez les mammifères et les oiseaux; mais des dispositions spéciales (communication de l'artère pulmonaire et de l'aorte, canaux réunissant le cœur droit à l'aorte, absence de cloison interventriculaire) permettent le mélange du sang noir et du sang rouge. Une partie du *sang rouge* peut retourner aux *capillaires pulmonaires* avant d'avoir passé par les capillaires généraux, et une partie du *sang noir* revient aux capillaires généraux avant de s'être oxygéné aux capillaires pulmonaires.

Ces faits expliquent suffisamment la pauvreté en oxygène du sang des reptiles et leur température variable (voir p. 151).

RESPIRATION. — Les poumons sont des organes spongieux, qui ont la conformation générale de ceux des mammifères, mais qui sont plus simples. De l'intérieur des lobules pulmonaires s'élèvent des cloisons qui les divisent en alvéoles très grands et bien moins nombreux.

Les deux poumons sont également développés chez les reptiles à forme ramassée; mais, chez les serpents et certains lézards, celui d'un seul côté s'allonge considérablement, tandis que l'autre s'atrophie.

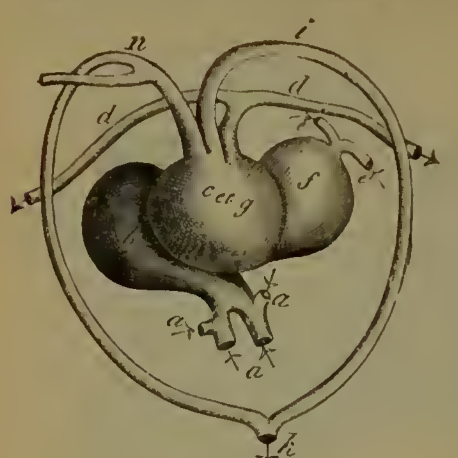


Fig. 306. — Cœur à trois cavités d'un Reptile (Tortue).

a, veines caves; *b*, oreille droite; *c* et *g*, ventricule; *d*, *d*, artères pulmonaires; *e*, veines pulmonaires; *f*, oreillette gauche; *k*, aorte; *i*, *n*, ses deux crosses.

Les *reins* rappellent ceux des oiseaux et les uretères débouchent aussi séparément dans le cloaque.

SYSTÈME NERVEUX ET ORGANES DES SENS. — La moelle épinière n'a rien de particulier; l'encéphale a été décrit (p. 249).

Les *yeux* ressemblent à ceux des oiseaux pour ce qui concerne le cercle cartilagineux ou osseux de la sclérotique et l'existence du peigne. Les paupières sont peu développées et la peau passe au devant du globe de l'œil, au moins chez les serpents (voir p. 352).

L'*oreille interne* est bien développée (voir p. 367); mais l'oreille moyenne commence à manquer chez les serpents et quelques lézards; l'oreille externe fait partout défaut.

L'organe de l'*odorat* siège dans des fosses nasales à cornets rudimentaires. L'organe du goût est peu connu; la langue, bifide chez les serpents, est protractile et sert d'organe du tact, ou de préhension comme chez le caméléon.



Fig. 307. — Plésiosaure.

Crocodiliens. — Outre l'appareil circulatoire plus parfait et les dents im-

plantées dans des alvéoles, les crocodiles, les caïmans et les gavials présentent dans leur peau de larges plaques osseuses, et des membres dont les doigts, armés de griffes, sont réunis, au moins ceux des pattes abdominales, par une membrane. Toutes les vertèbres cervicales sont pourvues de côtes; d'où absence des mouvements latéraux de la tête.

Ces animaux, doués d'une force redoutable, brisent d'un seul coup de queue la colonne vertébrale d'un bœuf. Dans la journée, ils reposent au soleil sur les rives des fleuves; ils sont carnassiers et chassent la nuit. Ils forment l'ordre des **Crocodiliens**.

A l'époque où se sont déposées les couches jurassiques vivaient des reptiles aquatiques qui rappellent les crocodiles. Les uns, comme le *Plésiosaure* (*plèsios*, voisin; *saura*, lézard), avaient le cou fort long et les membres ressemblaient à ceux des baleines, dont ils avaient la taille et les mœurs (fig. 507). Les autres, tels que l'*Ichthyosaure* (*ichthys*, poisson), avaient le corps tout d'une venue comme les poissons; et des nageoires comme les précédents. Ces animaux fréquentaient la haute mer (fig. 508).

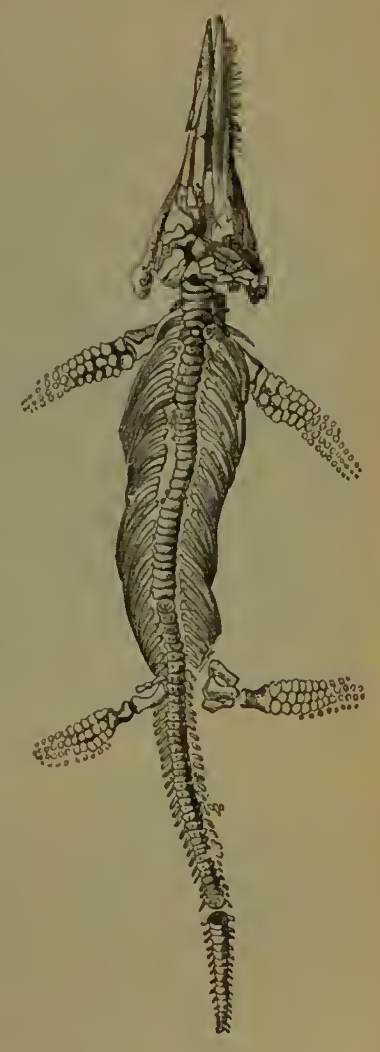


Fig. 508. — Ichthyosaure.

Sauriens.— Les **Lézards** ou **Sauriens** (*saura*, lézard) comprennent les lézards, les iguanes, les caméléons, les orvets, etc. Ces animaux ont une forme allongée. Les membres sont le plus souvent au nombre de quatre; quelquefois les thoraciques, d'autres fois les abdominaux, sont peu apparents et à l'état de moignons. Enfin, ils peuvent rester cachés sous la peau, comme chez l'orvet.

Leur bouche est armée de dents et leur langue a un développement et une forme si variables, qu'elle constitue un excellent caractère pour diviser les sauriens en groupes secondaires. Certains lézards des îles de la Sonde, les *Dragons*, possèdent des côtes très allongées et réunies par une membrane cutanée qui fait office de parachute (fig. 509).

Parmi les sauriens, le *caméléon* mérite une mention spéciale : c'est un animal qui habite le nord de l'Afrique et l'Andalousie; il vit sur les arbres et grimpe fort bien à l'aide de ses longs doigts et de sa queue préhensile. Immobile sur une branche, il attend le passage d'un insecte, qu'il attrape en dardant sa langue longue de 20 centimètres et dont le bout est creusé en forme de coupe.

La couleur ordinaire du caméléon est celle des feuilles, c'est-à-dire verte ; on donne à cette ressemblance de l'être avec les objets environnants le nom de

mimétisme (*mimeomai*, imiter) : ce qui permet à l'animal de mieux se dérober aux ennemis en passant inaperçu. Au soleil et quand il est irrité, le caméléon change de couleur et sa peau prend une teinte foncée ; mais, sous l'influence de la lumière et de certains états psychiques (crainte, etc.), l'animal est capable de faire passer sa peau par toutes les nuances du clair, du jaune, du rouge ou du bleu (voir p. 154, *Changements de couleur*).

Chéloniens. — Les **Tortues** ou **Chéloniens** (*chélone*, tortue) ont le corps très court et ramassé ; dans la peau de leur tronc se développent de larges plaques osseuses. Celles-ci constituent, du côté dorsal, une carapace soudée aux vertèbres, et, du côté ventral, un *plastron* que des arcs osseux réunissent latéralement à la carapace. Ces os sont recouverts d'écailles cornées. Les régions cer-



Fig. 509. — Dragon volant.

vicale et caudale sont libres et mobiles, et l'animal peut les rentrer à volonté sous la carapace. Le bec corné est mû par des muscles puissants, qui donnent à leurs mâchoires une grande force (fig. 510).

Les tortues diffèrent entre elles par la forme de leurs pattes : la Tortue grecque et les tortues terrestres ont les doigts libres et courent sur le sol ferme ; la Cistude d'Europe et les tortues qui vivent dans l'eau douce ont les doigts réunis par une membrane, les *pattes palmées* ; enfin les Carets et les tortues marines atteignent des dimensions et un poids considérables. Leurs doigts, dépourvus d'ongles, sont entièrement cachés sous la peau, de sorte que leurs membres rappellent les ailerons ou rames natatoires des Cétacés (fig. 511).

Ophidiens. — Les **Serpents** ou **Ophidiens** (*ophis*, serpent) sont des reptiles qui se distinguent aisément par l'absence de membres. Ils ont des côtes sur la plus grande longueur de leur corps. Celui-ci est couvert d'écailles cornées, qui tombent périodiquement ; chez le crotale d'Amérique, la queue est entourée d'étuis cornés que l'animal fait sonner comme des grelots : de là le nom de *serpent à sonnettes*. La figure 512 (*d*) montre ces étuis emboîtés les uns dans les autres.

Fig. 310. — Squelette de Tortue.



Fig. 311. — Tortue luth (marine).

Les serpents peuvent élargir considérablement leur bouche. Les deux moitiés de la mâchoire inférieure sont simplement unies l'une à l'autre par du tissu conjonctif. Les divers os qui forment la mâchoire supérieure sont articulés entre eux, et peuvent s'écarter aisément les uns des autres. Cette disposition leur permet d'avaler des proies plus volumineuses que leur tête au repos.

Les dents se trouvent non seulement sur les mâchoires, mais encore sur les os de la voûte palatine. Ce sont des crochets acérés.

Les serpents se divisent en deux groupes secondaires : les uns ressemblent à nos couleuvres et leurs dents sont pleines, non venimeuses. La force considérable du python et du boa en fait néanmoins des animaux très dangereux.

Les autres serpents ont des dents venimeuses, comme notre vipère. La forme



Fig. 312.

a, *b*, crochets du Serpent à sonnettes; *c*, l'un des crochets isolé; *d*, *d*, extrémité de la queue d'un Serpent à sonnettes.

de ces dernières varie : tantôt la dent venimeuse est enroulée sur elle-même, d'où résulte une gouttière ou *cannelure*; tantôt les bords enroulés arrivent au contact et transforment la gouttière en un canal complet. A cette cannelure, ou à ce canal, aboutit le conduit excréteur d'une glande qui est située en fer à cheval le long de la mâchoire supérieure (fig. 313, *a*) et dont les cellules sécrètent le venin.

A l'état de repos, les crochets à venin, lâchement unis à la mâchoire, sont recourbés en arrière dans les plis de la muqueuse. Quand le serpent est irrité, il ouvre la bouche, les crochets se redressent, et sa tête, agissant à la façon d'un marteau, enfonce les crochets dans la peau de sa victime; en même temps les muscles qui entourent la glande à venin font jaillir, en se contractant, le venin dans la plaie. Tel est le mécanisme de ce qu'on appelle la *morsure* du serpent; c'est en réalité une simple piqûre.

Si les dents à venin tombent ou sont arrachées, l'une des petites dents de remplacement situées à côté d'elles (fig. 512) viendra, en se développant, rendre à l'animal son arme redoutable.

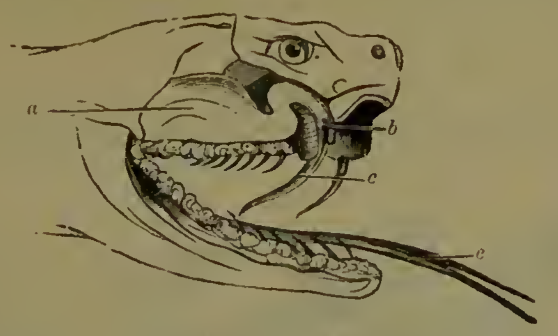


Fig. 513. — Tête de Vipère.

a, glande à venin ; *b*, son conduit excréteur aboutissant au crochet (*c*) ; *e*, langue bifide.

Les reptiles se groupent, en résumé, dans les ordres suivants :

			Ordres.
Dents implantées dans des alvéoles, cœur gauche et cœur droit complètement séparés.			*Crocodiliens.*
2 oreillettes et 1 seul ventricule.	Carapace osseuse.		*Tortues.*
	Écailles cornées.	Ordinairement 4 membres.	*Lézards.*
		Absence de membres thoraciques et abdominaux.	*Serpents.*

D. — Batraciens.

Au XVIII[e] siècle, le médecin naturaliste suédois Linné, frappé de la ressemblance extérieure que présentent les salamandres avec les lézards, a réuni les salamandres, les tritons et les grenouilles aux *Reptiles*. Cuvier, au commencement de ce siècle, a fait de même. Plus tard Blainville a montré qu'il existe des différences notables d'organisation entre les salamandres et les grenouilles d'un côté, et les Reptiles de l'autre. Depuis, on a fait des premiers animaux une classe à part, sous le nom d'**Amphibiens** ou de **Batraciens** (voir p. 389).

Le tube digestif des batraciens offre de grandes analogies avec celui des reptiles. Il est intéressant de noter que l'intestin est plus long chez le têtard de grenouille, qui est *herbivore*, que chez l'animal adulte, *carnassier*.

Le système nerveux et les organes des sens des batraciens rappellent ceux des reptiles. Pour l'encéphale, voir p. 249.

PEAU. — Les salamandres et les grenouilles ont un revêtement cutané qui reste semblable à celui des muqueuses ; la peau est en général lisse et visqueuse. Elle contient de nombreuses glandes, sécrétant un liquide laiteux et gluant que l'animal peut faire suinter au moment où il est inquiété. Ce produit de

sécrétion constitue, chez le crapaud, un venin qui, injecté sous la peau des autres animaux, les tue plus ou moins rapidement.

MÉTAMORPHOSES. — Les phénomènes les plus remarquables que présentent les Batraciens sont les changements de forme par lesquels ils passent depuis leur sortie de l'œuf jusqu'à l'état adulte. On donne à l'ensemble de ces états successifs le nom de *métamorphose* (*meta*, indique le changement; *morphê*, forme).

Nous avons vu (p. 7) comment l'ovule de grenouille, en se segmentant, donne naissance à un embryon, d'abord de forme ramassée, mais qui s'allonge bientôt. La queue, devenant plus saillante, se recourbe, sur le côté, dans la membrane de l'œuf. Les choses se passent de la même façon chez le triton (fig. 514).



Fig. 514. — Métamorphoses du Triton.

a, œuf; *b* et *c*, embryons dans l'œuf; *b'*, *c'*, embryons dans l'œuf (grossis); *d*, embryon sorti de l'œuf; *d'*, le même grossi; *e*, jeune triton avec les branchies et les pattes; *f*, triton plus âgé.

Bientôt l'embryon, en faisant des mouvements, fait éclater la membrane de l'œuf, se redresse et nage librement dans l'eau (*d*, *d'*). On lui donne le nom de *larve* (*larva*, *masque*). Il ressemble à un vrai poisson : sur la ligne médiane, aussi bien du côté dorsal que du côté ventral, on observe une membrane verticale, transparente, qui fait le tour de la partie postérieure du corps : c'est une queue comprimée latéralement, jouant le rôle des nageoires dorsale et ventrale des poissons. De chaque côté de la tête, on voit apparaître une houppe de prolongements ou filaments ramifiés : ce sont les *branchies*, qui forment les organes respiratoires de la larve. Elles reçoivent le sang noir du cœur, formé à cette époque d'un seul ventricule (fig. 515, *a*) et d'une seule oreillette, cor-

respondant au cœur droit des mammifères et des oiseaux. Après s'être oxygéné au contact de l'air dissous dans l'eau, le sang se rend, par une série de canaux (*e*), directement dans l'aorte (*f*), qui le porte aux capillaires généraux sans passer par le cœur. Le sang, qui arrive ainsi aux organes du corps de la larve, est

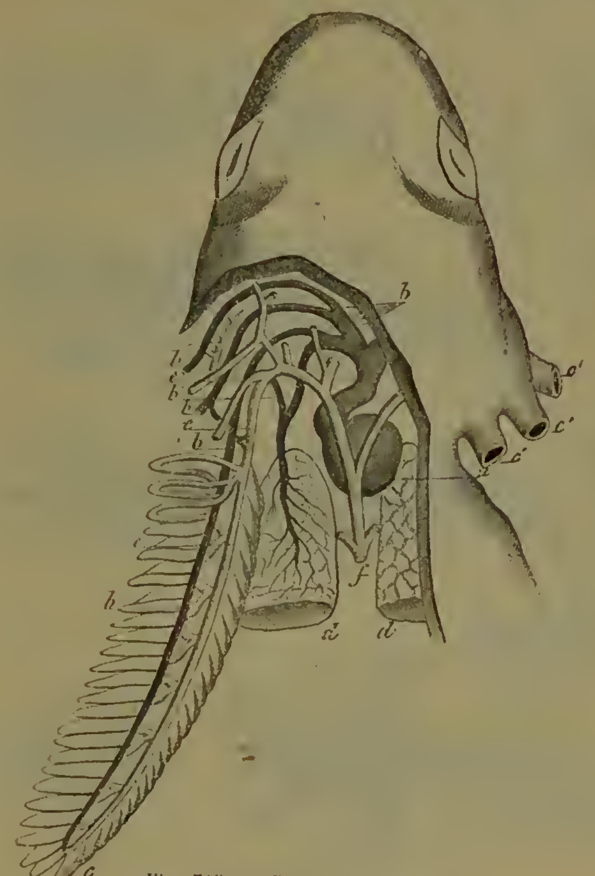


Fig. 315. — Circulation du sang dans une larve du Triton ou Salamandre aquatique.

a, l'unique ventricule; *b*, *b*, *b*, divisions de l'artère branchiale, qui se rendent à la branchie gauche; *b'*, branches de la même artère allant au poumon gauche (*d*); *c*, une des trois branchies gauches; *c'*, *c'*, *c'*, branchies droites (coupées à la base); *e*, *e*, *e*, veines branchiales, ramenant le sang rouge des branchies à l'aorte (*f*).

entièrement rouge comme celui des mammifères et des oiseaux; il n'est nullement mélangé à du sang noir comme celui des reptiles. En un mot, la larve possède à cette époque une véritable circulation de poisson (voir plus loin).

La grosse tête de la larve la fait désigner habituellement par le nom de *têtard*. Elle se nourrit d'herbes.

Bientôt la peau pousse, en arrière de chaque branchie, un bourgeon, qui deviendra la patte abdominale. Ce bourgeon s'allonge et son bout libre se divise en cinq rayons représentant les doigts (*e*). Plus tard, les pattes thoraciques apparaissent d'une façon identique (*f*).

Ces changements transforment le têtard en un être qui figure un triton.

Les larves de grenouille ou de crapaud (fig. 316) passent par les mêmes états,

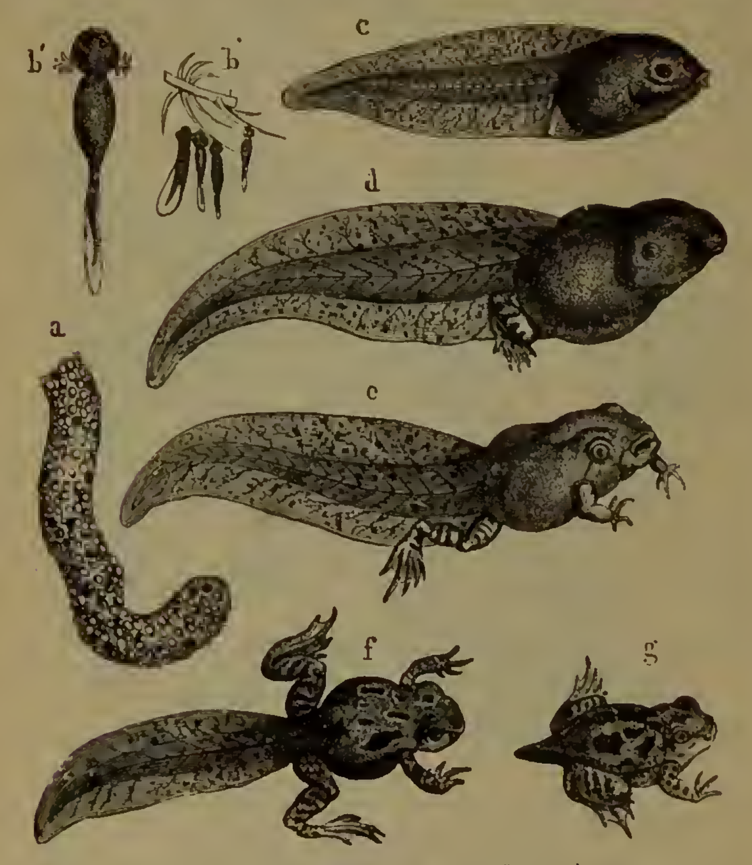


Fig. 316 — Métamorphoses du Crapaud.

a, œufs agglutinés en un cordon; *b*, têtards; *b'*, têtard grossi; *c*, têtard plus âgé; *d*, têtard muni de ses pattes abdominales; *e* et *f*, têtard avec ses quatre pattes; *f*, têtard dont la queue est en train de s'atrophier et de disparaître; *g*, jeune crapaud, muni encore d'un reste de queue.

mais leur évolution ne s'arrête pas là. Elles vont devenir des animaux aériens. A cet effet, la queue s'atrophie et disparait peu à peu. A la partie antérieure du tube digestif, on voit se développer, par le même procédé que chez l'homme et les mammifères (p. 18), deux diverticules qui sont les *poumons*[1]. Le sang sor-

1. Chez le triton, le poumon se développe aussi (fig. 315), mais il ne fonctionnera presque pas.

tant de l'oreillette droite va se répandre dans les poumons; les branchies disparaissent et la grenouille est obligée de respirer l'air, comme un reptile, un oiseau ou un mammifère.

Une autre modification se passe simultanément dans le cœur : le sang rouge ne gagne plus directement l'aorte, mais il est ramené à la partie gauche de l'oreillette, qu'une cloison divise en oreillettes gauche et droite. De l'oreillette gauche, il est poussé dans le ventricule unique où il se mélange au sang noir. La circulation des batraciens adultes est donc celle des reptiles, c'est-à-dire que les organes reçoivent un mélange de sang rouge et de noir, moins oxygéné que celui qu'ils recevaient durant la période larvaire.

La peau *nue* permet aux batraciens d'y faire des échanges avec l'air extérieur ; on peut arracher les poumons à une grenouille et l'oxygénation du sang continue à se faire à travers la peau. L'animal peut *respirer* ainsi suffisamment pour vivre un temps plus ou moins long.

La respiration des batraciens est donc *double*, c'est-à-dire à la fois pulmonaire et cutanée.

Signalons enfin, chez les batraciens et les reptiles, l'existence de *cœurs lymphatiques*, qui recueillent la lymphe, et qui par leurs contractions la projettent et la déversent dans le système sanguin. Ils sont formés de fibres musculaires striées comme le cœur sanguin.

En tenant compte du stade où s'arrête le développement chez les divers batraciens, on arrive à les grouper d'une façon très rationnelle. En Amérique, on observe des vertébrés gros comme des vers et semblables à des serpents, c'est-à-dire dépourvus de membres. On les appelle *cécilies*, parce que leurs yeux rudimentaires sont cachés sous la peau (*cæcus*, aveugle). Leur peau a un aspect plus ou moins écailleux, quoiqu'elle conserve une consistance molle. Aussi les a-t-on fait rentrer pendant longtemps dans les Serpents. Ils possèdent deux poumons, l'un plus développé que l'autre. Leur squelette est conformé comme celui des batraciens : d'où le nom de batraciens **Apodes** (*a*, privatif; *pous*, *podos*, pied) donnés aux cécilies.

D'autres batraciens, tels que les Protées de la Carniole et de la Dalmatie, les Sirènes de l'Amérique, conservent, pendant toute leur vie, des branchies et possèdent généralement quatre pattes et une longue queue. On donne à ce groupe le nom de **Pérennibranches** (*perennis*, persistant). Les salamandres et les axolotls du Mexique ont tous les caractères des pérennibranches dans leur jeune âge, mais plus tard les branchies tombent et ils ne conservent que la longue queue. C'est pour ce motif qu'on a réuni les *Perennibranches*, les axolotls et les salamandres sous le nom d'**Urodèles** (*oura*, queue; *dêlos*, visible).

Chez les grenouilles, les crapauds, le pipa, etc., ces mêmes métamorphoses s'observent; de plus la queue disparait : ils constituent les Batraciens **anoures** (*a*, privatif).

On peut donc grouper les Batraciens de la façon suivante :

		Ordres.
Batraciens conservant leurs branchies.		*Pérennibranches* (protée).
Batraciens perdant leurs branchies.	Manquant de membres.	*Apodes* (cécilie).
	Munis toujours d'une queue. . . .	*Urodèles* (salamandre.
	Privés de queue à l'état adulte. .	*Anoures* (grenouille).

E. — Poissons.

Les Poissons sont des vertébrés dont la forme rappelle toute la vie celle du têtard de grenouille. Ils sortent d'un œuf semblable (fig. 317), et au

moment de l'éclosion ils présentent une colonne vertébrale (D) se prolongeant dans une longue queue comprimée latéralement. Leur intestin est en relation avec le reste du jaune formant une grosse vésicule, la *vésicule ombilicale*, sur laquelle le jeune être est couché. Une membrane molle, médiane et verticale fait le tour de l'extrémité postérieure du corps, comme nous l'avons vu chez les jeunes batraciens. Ici elle n'a plus une existence transitoire; elle donne naissance à des organes persistants; à cet effet, des *stylets* ou rayons osseux (vulgairement *arêtes*) s'y développent et constituent sur le dos la *nageoire dorsale*, au bout de la queue la *nageoire caudale*, et sous le ventre la *nageoire ventrale* (fig. 518).

Les membres pairs apparaissent chez les poissons sous la forme de bourgeons semblables à ceux des autres vertébrés, mais leur bout libre ne se divise pas;



Fig. 517.

A, B, C, œuf de poisson en voie de développement; A', jeune poisson dans l'œuf; D E, F, jeunes poissons depuis le moment de l'éclosion jusqu'à la disparition de la vésicule ombilicale.

ils restent à l'état de lames aplaties, dans lesquelles se développent un nombre considérable de tigelles osseuses constituant des organes natatoires.

SQUELETTE. — En prenant comme exemple la perche adulte (fig. 518), nous avons donc des nageoires paires correspondant aux membres des vertébrés supérieurs, et des nageoires impaires provenant de la persistance du repli médian. Les nageoires thoraciques ou pectorales (*h*) sont placées derrière la tête; les nageoires abdominales (*i*) sont situées de chaque côté et au-dessous des pectorales.

Sur le dos, on aperçoit la nageoire dorsale (*k* et *l*); au bout de la queue, la nageoire caudale (*nn'*), divisée en deux lobes égaux. Chez la truite et le saumon, il reste du repli cutané, entre la nageoire dorsale et la caudale, une petite nageoire manquant de rayons osseux. Enfin, à la base de la queue, près de l'ori-

tie postérieur du tube digestif, se développe la nageoire ventrale, qui, à cause de son voisinage avec l'anus, est dite aussi *anale* (*m*).

Chez le poisson, le tronc fait donc suite à la tête et le corps est tout d'une venue ; le poisson n'a point d'étranglement cervical, de sorte qu'il a la forme d'un fuseau aplati latéralement ou celle d'un cylindre (lamproie).

Le squelette reste toujours cartilagineux chez la raie, le requin, etc., qui constituent le groupe des poissons cartilagineux ou *chondroptérygiens* (*chondros*, cartilage ; *ptérygion*, aile, nageoire) ; chez la plupart des autres poissons, le squelette est osseux : c'est le groupe des poissons osseux ou *téléostéens* (*téléos*, entièrement ; *ostéon*, os).

La colonne vertébrale (fig. 518) est formée par une série de vertèbres : celles du tronc supportent latéralement des côtes, dont le bout ventral reste libre, car les poissons n'ont pas de sternum. L'arc osseux dorsal des vertèbres renferme



Fig. 518. — Squelette de la Perche fluviatile.

a, os situé entre les maxillaires supérieurs (*b*), de là son nom d'intermaxillaire (*a*) ; *c*, maxillaire inférieur ; *d*, orbite ; *e*, os de la région occipitale ; *f*, appareil osseux, appelé *opercule*, qui couvre et protège les branchies ; *gg'*, colonne vertébrale avec ses apophyses ou épines dorsales et ventrales ; *m*, rayons de la nageoire anale ; *nn'*, les deux groupes de rayons qui constituent la nageoire caudale ; *h*, nageoire thoracique ; *i*, nageoire abdominale ; *k*, rayons *épineux* de la nageoire dorsale ; *l*, ses rayons *mous*.

la moelle épinière : les vertèbres caudales présentent en outre un arc osseux ventral qui contient l'artère aorte et la veine cave inférieure (voir p. 390).

TUBE DIGESTIF. — Le canal alimentaire des poissons conserve plus ou moins la forme et le trajet du tube digestif tel que nous le connaissons chez les jeunes mammifères (p. 18). La cavité buccale et le pharynx servent au passage des matières alimentaires et de l'eau amenant l'oxygène aux organes respiratoires. Il s'y développe, en effet, un appareil spécial (branchial) supportant les organes respiratoires. La mâchoire supérieure, qui est mobile chez les poissons, la mâchoire inférieure qui l'est toujours, et les arcs branchiaux sont garnis de nombreuses dents coniques et pointues (fig. 529, *b*). Quelquefois celles-ci minces et serrées, transforment la cavité buccale en une surface veloutée ou reproduisant l'aspect d'une brosse.

L'œsophage, qui fait suite au pharynx (fig. 519), est court et se continue en ligne droite avec une portion légèrement plus renflée, une sorte de poche

coudée, qui est l'*estomac* (*g*). L'orifice pylorique se trouve à une certaine distance du fond de l'estomac et conduit dans un tube (*i*), l'intestin, qui décrit à peine deux ou trois courbures ressemblant à des circonvolutions, tellement il est peu allongé. Il n'est pas possible de distinguer la limite du gros intestin et de



Fig. 319. — Appareil digestif d'un Requin.

a, narines; *b*, bouche; *c*, branchies préparées de manière à montrer leur aspect intérieur; *c'*, fentes branchiales telles qu'elles apparaissent du dehors; *d*, cœur; *e*, vésicule du fiel; *f*, foie; *g*, *h*, *i*, tube digestif; *k*, pancréas; *l*, portion de l'intestin contenant la valvule spirale; *m*, cæcum; *n*, anus.

l'intestin grêle. Sur la première portion de l'intestin, on aperçoit une série d'appendices qu'on appelle les *appendices pyloriques*. On les a pris à tort pour des organes pancréatiques. (Comparer fig. 319, 320 et 321.)

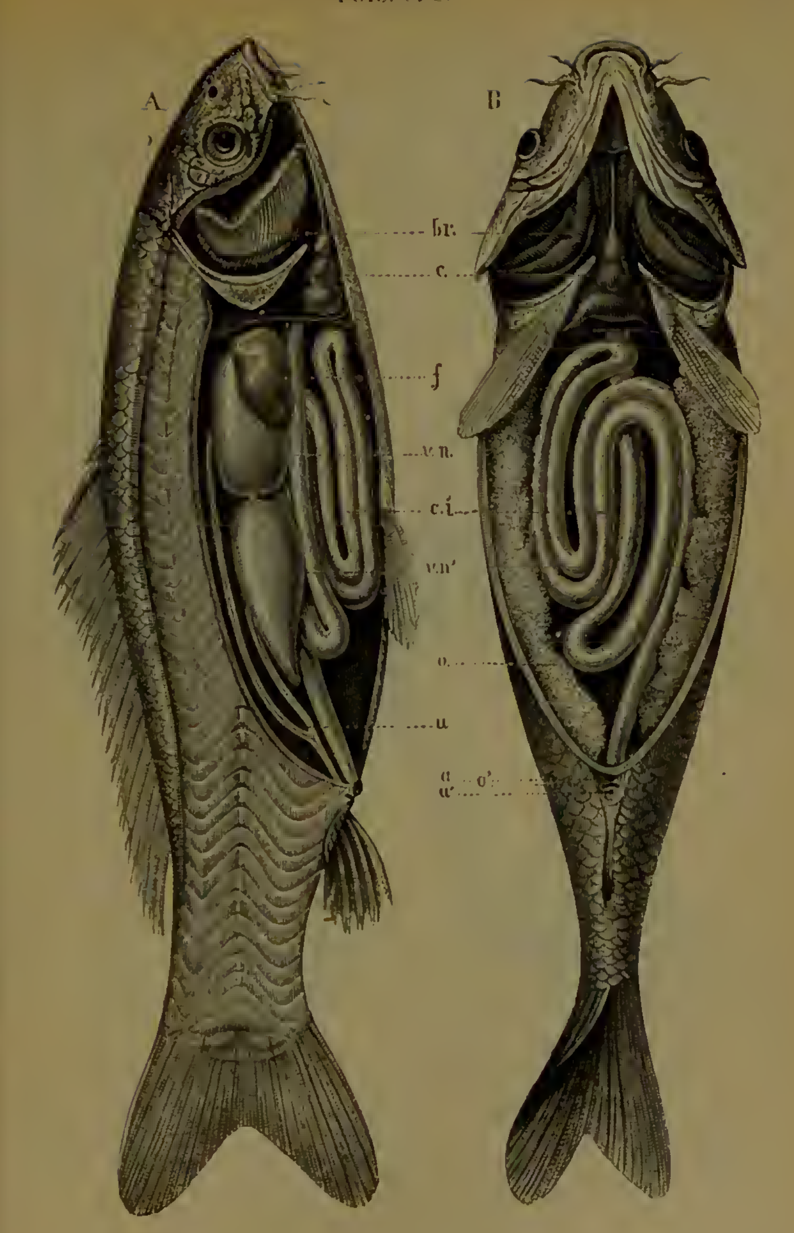


Fig. 320. — Organisation de la Carpe.

A, carpe vue de profil; B, la même vue par la face ventrale dont la peau est enlevée; *br*, branchies; *c*, cœur; *f*, foie; *ci*, intestin; *a*, anus; *vn*, *vn'*, vessie natatoire; *u*, conduits urinaires; *o*, réceptacle d'œufs ou ovaires; *u'*, orifice urinaire; *o'*, conduit excréteur des œufs ou oviducte.

Les appendices pyloriques semblent être des diverticules ou prolongements de l'estomac, des sortes de glandes versant leur produit de sécrétion dans cette cavité. Ce seraient des glandes gastriques *extra-stomacales*.

Le pancréas (*h*) forme rarement une masse volumineuse comme chez les vertébrés supérieurs. Il est représenté le plus souvent par une série de fines traînées épithéliales qui s'étendent entre les deux feuillets du péritoine. Ces traînées s'abouchent les unes avec les autres et constituent une glande composée de tubes ramifiés et anastomosés. Chez quelques poissons, ces tubes pancréatiques

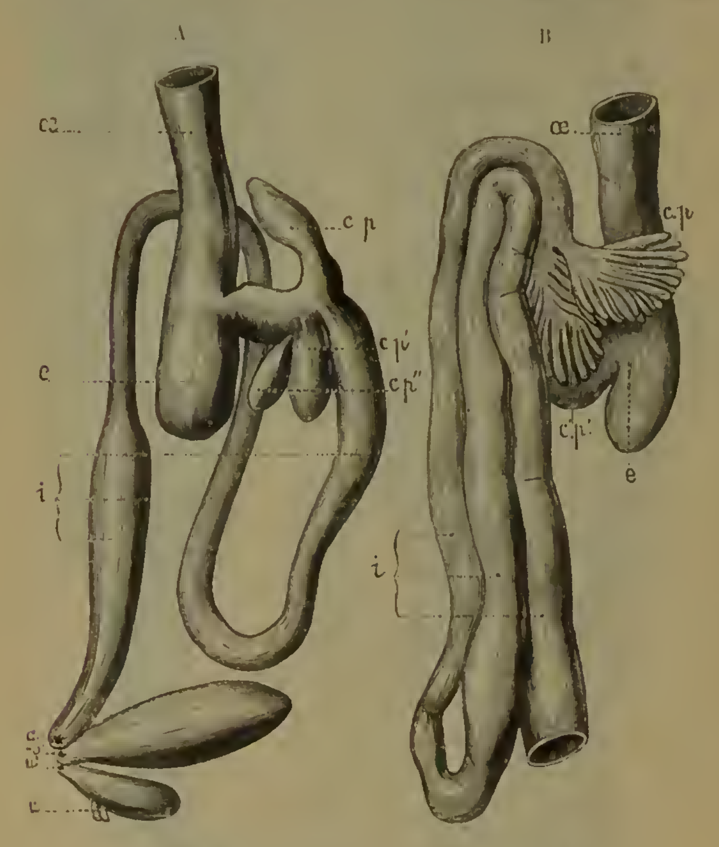


Fig. 321. — Tube digestif des poissons osseux.

A. Perche. B. Maquereau.

œ, œsophage ; *ee*, estomac ; *cp*, *c'p'*, *c''p''*, appendices pyloriques ; *i*, intestin ; *a*. anus ; *o*, ovaire ; *u*, *u'*, vessie et canal qui conduit l'urine au dehors.

se répandent même entre les traînées des cellules du foie, qui, nous le savons, est également une glande réticulée et anastomosée.

La muqueuse intestinale des poissons a une structure très simple : il y a absence de villosités ; mais on y observe une série de plis, et, chez les poissons cartilagineux (fig. 319), le segment postérieur présente un repli qui suit un trajet spiral (*l*) (*valvule spirale*) et qui sert, comme tous les plis ou valvules conni-

ventes des mammifères, à augmenter l'étendue de la surface intestinale. Chez les poissons osseux, l'anus est un orifice distinct, situé en avant de l'ouverture des uretères et de celui qui laisse échapper les œufs. La division du travail est donc ici poussée beaucoup plus loin que chez tous les autres vertébrés. Chez les poissons cartilagineux, il existe un *cloaque*.

RESPIRATION. — En regardant les côtés et la partie postérieure de la tête des poissons, tels que la carpe (fig. 520, B), on aperçoit deux grandes fentes à la place où se trouvent les oreilles des mammifères : de là le nom d'*ouïes*, qu'on leur a donné. Dans les ouïes sont logés des organes muqueux, de couleur rouge, en forme de peignes, qu'on appelle les *branchies* (*br*). Celles-ci sont protégées par un couvercle osseux qui, chez la carpe vivante, se soulève et s'abaisse alternativement : c'est l'*opercule* (*operire*, couvrir). Les branchies sont supportées par des arcs osseux (*arcs branchiaux*) (fig. 522), dont l'extrémité dor-

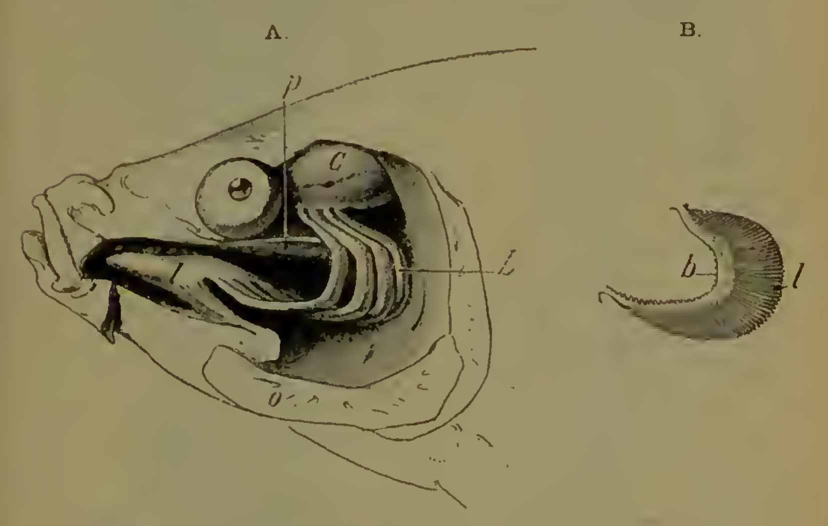


Fig. 522. — Tête de Tanche, dont on a enlevé une partie de l'opercule (*o*), pour montrer les arcs branchiaux.

A. *C*, crâne ; *l*, os hyoïde ou squelette de la langue ; *b*, arcs branchiaux ; *p*, voûte du palais. — **B**. *b*, un arc branchial isolé et supportant les branchies (*l*).

sale s'appuie sur le crâne et dont l'extrémité ventrale se réunit à un os médian, l'*os hyoïde*. Entre deux arcs consécutifs existe une fente, la *fente branchiale*. Tout l'appareil branchial est situé au fond de la bouche, dans la cavité pharyngienne ; et la respiration se fait, par exemple, chez la carpe, de la façon suivante : En ouvrant la bouche et en abaissant l'espèce de battant formé par les opercules, la carpe fait entrer l'eau, chargée d'air, dans la cavité buccale et le pharynx. Le sang noir contenu dans le réseau capillaire des branchies échange l'acide carbonique contre l'oxygène, s'hématose en un mot ; alors, soulevant l'opercule, le poisson rejette l'eau par les ouïes, et ainsi de suite.

CIRCULATION. — L'appareil de la circulation comprend (fig. 520) : 1° un cœur, 2° des vaisseaux à sang rouge et des vaisseaux à sang noir.

Le cœur des poissons, rempli de sang noir, présente trois renflements, qui sont, si on les énumère d'arrière en avant : 1° l'oreillette, 2° le ventricule, 3° le bulbe

L'oreillette reçoit, par les veines, le sang noir de tous les organes et le transmet au ventricule, qui le pousse à son tour dans le bulbe. Le bulbe se continue par l'artère branchiale qui porte le sang noir aux réseaux capillaires des branchies où le sang de noir devient rouge (voir fig. 520 en *c*).

Des branchies, le sang rouge se rend par une série de canaux à l'aorte, située sur la face ventrale de la colonne vertébrale. Les artères qui font suite à l'aorte conduisent le sang rouge aux capillaires généraux, où il devient noir, et de là il revient par les veines à l'oreillette.

Le système à sang rouge est donc compris entre deux réseaux capillaires (le réseau branchial et le réseau général), c'est-à-dire qu'il est comparable à celui de la veine porte, avec cette différence toutefois que la veine porte charrie du sang noir.

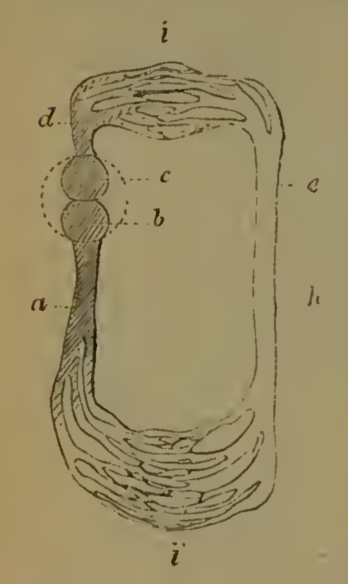


Fig. 523. — Figure théorique de l'appareil circulatoire des Poissons.

eh, aorte; *i'*, capillaires généraux; *a*, veine cave; *b*, oreillette; *c*, ventricule; *d*, artère amenant le sang noir aux capillaires (*i*) des branchies.

La circulation du sang se fait (voir schéma 523) chez les poissons comme chez les mammifères et les oiseaux, sauf l'absence d'organe d'impulsion, c'est-à-dire de cœur gauche placé sur le trajet du sang rouge. Le cœur des poissons est donc l'homologue du cœur droit des mammifères et des oiseaux.

Ainsi, chez les mammifères, les oiseaux, les larves de batraciens et les poissons, le sang rouge ne se mélange jamais au sang noir. Ce mélange n'a lieu que chez les reptiles et les batraciens adultes.

Vessie natatoire. — De même que le tube digestif donne naissance aux poumons chez les vertébrés aériens, on le voit, chez les poissons, produire une poche de forme allongée et remplie de gaz. On l'appelle la *vessie natatoire* (fig. 520, *vn*). Celle-ci reste en communication avec le canal alimentaire chez les uns, qui forment le groupe des **Physostomes** (*physa*, vessie; *stoma*, ouverture), tandis que chez les autres la vessie natatoire se sépare du tube digestif et devient complètement close : ces poissons forment le groupe des **Physoclistes** (*cléistos*, fermé). La poche est souvent divisée par un étranglement, comme chez la carpe.

Grâce à cet organe, dont le contenu gazeux (oxygène et azote) est fourni par le sang, les poissons possèdent un appareil hydrostatique, qui leur permet de se maintenir en équilibre dans l'eau à des profondeurs variables.

En Australie existe un poisson, le *Cératodus* (*céras*, *cératos*, corne; *odous*, dent) (fig. 524). Il vit dans les eaux vaseuses et sa vessie natatoire fonctionne comme un poumon. — Un second vit en Afrique, c'est le *Protoptère*, et un troisième, le *Lepidosiren*, au Brésil : ils possèdent à la place de la vessie natatoire deux sacs qui s'ouvrent dans le pharynx. Ces sacs présentent des alvéoles pulmonaires et reçoivent du sang veineux. Comme chez les batraciens, lorsque le poumon se développe, le sang, oxygéné dans ces sacs, retourne à l'oreillette gauche avant d'être dirigé dans l'aorte. Ces poissons respirent au moyen de branchies tant qu'ils ont de l'eau; mais, quand les marais où ils vivent se

dessèchent, ils s'enfoncent dans le sol et respirent à l'aide de la vessie natatoire fonctionnant comme poumon.

Les *reins* sont au nombre de deux chez les poissons. Ils sont situés dans la



Fig. 324. — *Néocératodus Forsteri* et son squelette (*Dipné*).

cavité abdominale de chaque côté de la colonne vertébrale ; ils ont la forme de plusieurs lobes ou de longues traînées.

Chacun donne naissance à un uretère, qui s'ouvre séparément ou réuni à son congénère dans une *vessie*.

Cette dernière débouche séparément au dehors, comme je l'ai dit plus haut, ou bien son conduit excréteur se réunit à celui qui mène les œufs à l'extérieur.

ÉCAILLES. — Chez les batraciens, la peau est molle et visqueuse. Chez les mammifères, la lame superficielle de l'épiderme se dessèche et forme une couche qui reste souple et molle. La même lame superficielle produit des

écailles cornées chez les reptiles et sur les pattes des oiseaux. Chez le crocodile et la tortue, puis chez le tatou et le pangolin parmi les mammifères, le derme s'ossifie et il en résulte des plaques osseuses. Dans les poissons, enfin, la peau reste nue chez la lamproie, tandis que chez l'immense majorité de ces vertébrés les téguments se garnissent d'*écailles*.

Ces productions sont bien différentes de celles des reptiles. Elles résultent de l'ossification des papilles du derme et fort souvent elles sont recouvertes d'une couche d'émail semblable à celui des dents. La forme des écailles varie : elles sont le plus souvent rhomboïdales (fig. 325, *f*); celles de la perche et des pois-

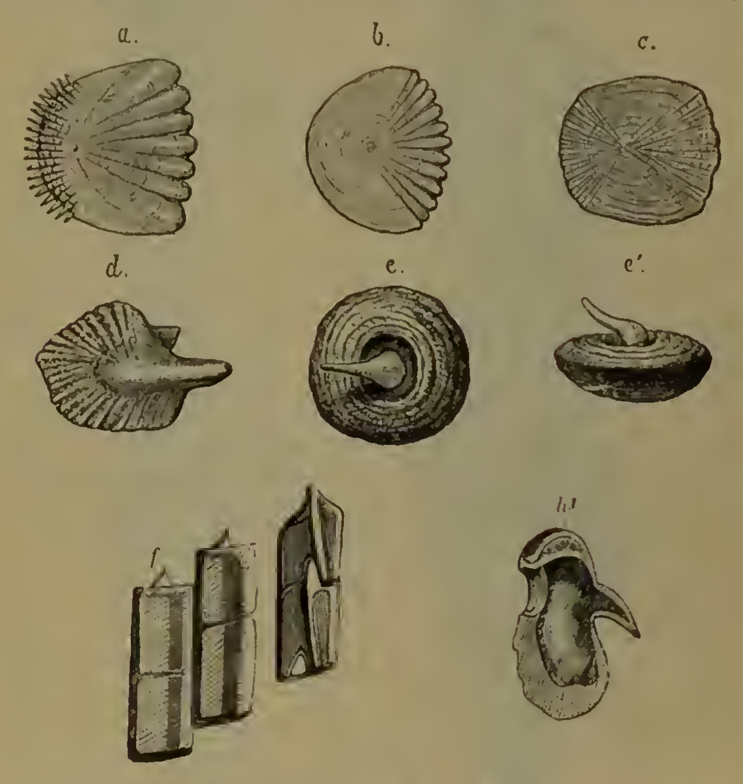


Fig. 325. — Écailles des Poissons.

a, écaille festonnée ou *cténoïde* de la Perche; *b*, écaille circulaire ou cycloïde du Cyprinodon; *c*, écaille cycloïde de la Carpe; *d*, écaille émaillée ou ganoïde du Lépisostée; *e e'*, écaille en boucle ou *placoïde* de la Raie; *h'*, autre forme d'écaille ganoïde; *f*, écaille de forme rhomboïdale.

sons voisins, celles des poissons plats, sont des lames dont le bord libre est dentelé (fig. 325, *a*) : on les appelle écailles *cténoïdes* (*cteis*, *ctenos*, peigne; *eidos*, qui ressemble). La carpe, le brochet, la truite, la morue, le merlan, l'anguille ont des écailles à contour circulaire et lisse; ce sont les écailles *cycloïdes* (*cyclos*, cercle) (*b*, *c*). Les esturgeons, les lépidostées, les polyptères et les silures ont des écailles formées d'une substance osseuse recouverte d'émail, écailles *ganoïdes* (*ganos*, brillant) (*d* et *h'*). Le requin, la raie ont leur peau par-

semée de petits nodules osseux surmontés d'un piquant; par places, on trouve de vraies plaques osseuses terminées par une épine : on donne à ces formations, qui ont la structure des dents, le nom d'écailles *placoïdes*; les boucles de la raie en sont de beaux exemples (fig. 325, *e*, *e'*).

SYSTÈME NERVEUX. — La moelle épinière est un cordon généralement cylindrique qui occupe toute la longueur du canal vertébral, sauf chez le poisson-lune et la baudroie, où elle est très courte. Elle se continue avec l'encéphale, dont nous avons étudié la configuration (p. 219).

ORGANES DES SENS. — Comme la plupart des poissons se trouvent constamment dans un milieu liquide, les organes des sens se trouvent réduits à leurs parties essentielles.

Les poissons possèdent les appareils de la vision, de l'audition et de l'olfaction ou odorat. Les organes du goût sont peu connus

Les yeux sont bien développés chez la plupart des poissons, bien que la myxine



Fig. 326. — Lamproie de mer.

et la lamproie n'aient qu'un cristallin rudimentaire. Les paupières manquent.

L'appareil de l'audition se réduit à l'oreille interne (labyrinthe).

Le sens de l'olfaction siège dans une ou deux narines, qui sont des fossettes terminées en cul-de-sac (fig. 329) (*a*) et dont la muqueuse possède l'épithélium caractéristique de l'organe de l'odorat.

Les poissons ont, enfin, dans la peau des organes sensitifs ou sensoriels, disposés d'une façon spéciale. On les appelle organes de la *ligne latérale*.

ORGANES DE LA LIGNE LATÉRALE. — Chez les jeunes poissons, il se forme, de chaque côté du corps, une gouttière qui s'étend depuis la tête jusqu'à la queue, en décrivant un arc plus ou moins parallèle au dos de l'animal. Plus tard, les lèvres de cette gouttière se rapprochent et se ferment comme celles de la moelle épinière, sauf en certains points déterminés où il reste des orifices ou *pores*. Chaque gouttière se transforme ainsi en un canal placé sur la *ligne latérale*.

Ce canal *latéral* débouche au dehors par les pores qui traversent les écailles recouvrant la ligne latérale. Les parois du canal latéral reçoivent les branches nerveuses d'un nerf, appelé *nerf latéral*. Les ramifications de ce dernier vont aboutir à des renflements dont la forme et la constitution rappellent les bourgeons du goût. Autrement dit, ces renflements ou boutons sont essentiellement

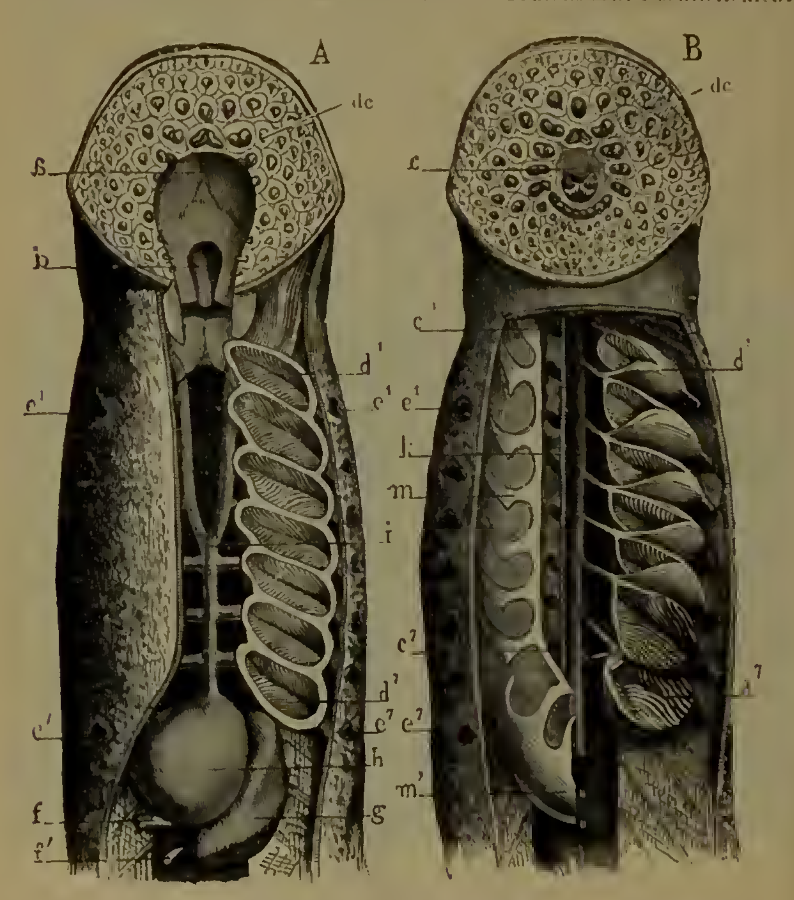


Fig. 527. — Extrémité antérieure de la Lamproie. — A, pharynx ouvert; B, bouche fermée (vue par sa face ventrale.

a, cavité buccale avec les dents cornées qui la garnissent *(dc)*; *b*, pharynx; *c'*, orifices antérieurs des fentes branchiales; *e'*, *e'*, leurs orifices extérieurs; *d'*, *d'*, sacs branchiaux; *f*, *f'*, veines caves; *g*, oreillette du cœur; *h*, ventricule du cœur; *i*, artère portant le sang noir aux branchies; *k*, veines portant le sang rouge à l'aorte; *m*, *m'*, squelette cartilagineux.

formés de cellules épithéliales allongées dont le bout adhérent est en rapport avec un filet nerveux, tandis que le bout libre est effilé et terminé par un cil rigide. Ce dernier plonge dans le milieu liquide.

On trouve les boutons de la ligne latérale non seulement chez la plupart des poissons, mais encore chez les larves et les adultes des batraciens *aquatiques*.

Autrefois, on regardait les pores de la ligne latérale comme des organes sécrétant du mucus. Le développement et la structure montrent que les boutons de la ligne latérale représentent des organes de sensibilité spéciale, qui sont en rapport avec le sens du toucher. Ils paraissent transmettre aux centres nerveux les impressions qui résultent des modifications et des perturbations survenant dans l'eau ambiante.

Classification des Poissons. — En tenant compte de la nature du squelette, de la forme des écailles, de la disposition des organes de la respiration et de la



Fig. 328. — Raie.

conformation des nageoires, on a rangé les poissons, dont le nombre est considérable, en certains groupes secondaires.

Dipnés. — Les poissons qui respirent à la fois par des branchies et des poumons forment le groupe des **Dipnés** (*di*, double; *pnéo*, je respire) (voir p. 145).

Les poissons à squelette cartilagineux constituent deux autres subdivisions : les **Cyclostomes** d'une part, les **Sélaciens** de l'autre. Ces derniers ont des nageoires paires cartilagineuses : d'où le nom de **Chondroptérygiens** (*chondros*, cartilage; *ptérygion*, petite aile).

Cyclostomes. — La lamproie est un poisson inférieur qui n'a point de nageoires correspondant aux membres pairs des vertébrés. Son corps (fig. 326), arrondi ou cylindrique, présente un repli médian rappelant les nageoires dorsales et ventrale des larves de batraciens. La corde dorsale persiste comme chez l'amphioxus. Le squelette reste toujours cartilagineux. La bouche (fig. 327)

est circulaire et entourée d'une sorte de ventouse épineuse, d'où le nom de *Cyclostomes* donné au groupe (*stoma*, bouche ; *cyclos*, cercle). Cette ventouse permet à ces poissons de se fixer sur leur proie, dont ils sucent le sang et mangent la chair. Le tube digestif s'étend presque en ligne droite de la bouche à l'anus.

De chaque côté de l'œsophage se trouvent sept poches (*d'*), dans lesquelles sont placées les lamelles branchiales; une cage cartilagineuse protège ces sacs

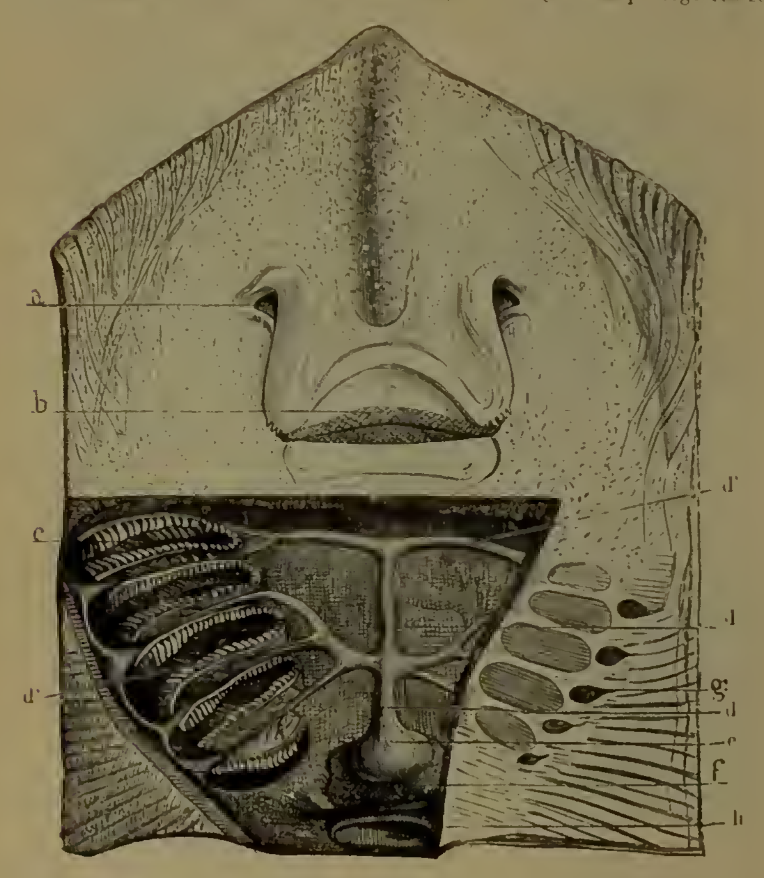


Fig. 529. — Extrémité antérieure de la Raie (face ventrale).

a, narines; *b*, orifice de la bouche et dents des mâchoires; *c*, branchies du côté droit (ouvert); *h*, veine cave (coupée); *f*, oreillette; *e*, ventricule; *dd*, artère partant du cœur et portant le sang noir aux branchies par les divisions artérielles (*d'd'*); *g*, l'un des cinq orifices extérieurs des branchies du côté gauche.

branchiaux, dont chacun communique avec l'extérieur par un orifice séparé (*g*). Un autre canal les fait communiquer avec le pharynx. L'eau extérieure baigne les branchies et s'écoule par le même orifice qui lui a donné entrée.

Les lamproies passent par une forme larvaire, connue sous le nom d'*ammocètes*.

On trouve dans la mer des cyclostomes vermiformes, appelés *myxines* parce

qu'ils sont couverts de mucosités (*myxa*). Ils vivent en parasites sur d'autres poissons.

Plaglostomes. — La raie (fig. 528), le requin (fig. 531), sont des poissons marins



Fig. 530. — Torpille électrique.

Fig. 531. — Squale (Grande Roussette).

à corps aplati ou fusiforme, à squelette cartilagineux toute la vie et à peau brillante et rugueuse, grâce aux écailles placoïdes ; d'où leur nom de **Sélaciens** (*sélacos*, qui brille). Les branchies sont renfermées dans des sacs spéciaux, s'ouvrant

chacun par une ouverture distincte. La bouche (fig. 529, *b*) est une fente transversale, rejetée à la face ventrale du corps : on les appelle, pour ce motif, les *Plagiostomes* (*plagios*, transversal ; *stoma*, bouche).

A côté de la raie se trouve la *torpille*, dont un organe particulier élabore

Fig. 532. — Chimère.

de l'électricité. Par des décharges électriques *volontaires*, la torpille se défend contre ses ennemis ou paralyse les animaux dont elle se nourrit (fig. 530).

Les requins (squales, roussettes, chiens de mer) sont des poissons de grande taille, carnassiers, bons nageurs et très dangereux, même pour l'homme. On range à côté d'eux les *chats de mer* ou chimères (fig. 532) (*chimère*, monstre

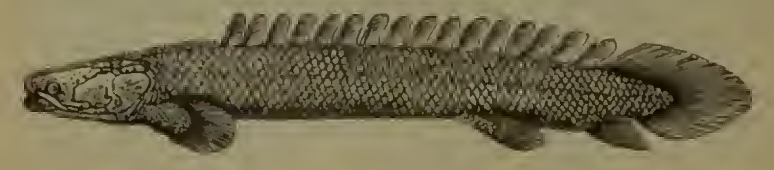


Fig. 533. — Jeune Polyptère.

fabuleux), chez qui la partie dorsale des vertèbres devient osseuse. Ils vivent également dans la mer.

Ganoïdes. — Les poissons dont les écailles rappellent les dents par leur revêtement d'émail (fig. 525, *e* et *e'*), ont reçu d'Agassiz le nom de **Ganoïde**

(*ganos*, brillant). Le représentant le plus remarquable de ce groupe est l'esturgeon; c'est un poisson long de 4 à 8 mètres. Son corps présente cinq rangées de plaques osseuses formant une véritable cuirasse. Il habite la mer Noire et la mer Caspienne; au moment de la ponte, il remonte les fleuves en troupes nombreuses. Sa chair est délicate et estimée; ses œufs servent à préparer le *caviar*; sa vessie natatoire donne la *colle de poisson* ou *ichthyocolle*.

En Afrique et en Amérique, on trouve quelques autres ganoïdes vivants : tels que le *polyptère* (*polys*, beaucoup; *ptéron*, aile) (fig. 555), l'*amia*.

Il convient d'ajouter que les ganoïdes étaient surtout abondants dans les mers des premières époques de l'histoire de la terre.

Téléostéens. — Les poissons osseux comprennent l'immense majorité de ces animaux. Pour les ranger en groupes secondaires, on tient compte (voir



Fig. 554. — Trigle.

p. 442) du caractère offert par la vessie natatoire, qui est ouverte ou fermée; de là les **Physostomes** et les **Physoclistes**. Cuvier, d'autre part, avait fait remarquer que les poissons osseux pouvaient se diviser en deux groupes, selon l'état de leur nageoire dorsale : chez les uns, tels que la perche (fig. 518), certains rayons de la nageoire dorsale sont durs et figurent des épines, d'où le nom d'**Acantopthérygiens** (*acanthou*, épine; *ptérygion*, petite aile), tandis que chez les autres, comme le merlan, la sardine, etc., ces mêmes rayons restent mous; ce sont les **Malacoptérygiens** (*malacos*, mou).

Parmi les **Acanthoptérygiens**, je cite les trigles (fig. 554), les labres, les vieilles, les perches, les épinoches, les scorpènes ou rascasses, les grondins, les poissons volants, les maquereaux, les baudroies. Ajoutons que les Acanthoptérygiens, quand ils possèdent une vessie natatoire, sont toujours physoclistes. Les Malacoptérygiens sont la plupart physostomes.

Les **Malacoptérygiens** présentent des différences secondaires selon la présence ou l'absence des nageoires abdominales et la position de ces dernières vis-à-vis des pectorales.

Les anguilles, les congres, les murènes manquent de nageoires abdominales;



Fig. 555. — Hareng.

ils forment le groupe des *Malacoptérygiens* **apodes**. Les poissons électriques de l'Amérique du Sud, les *gymnotes*, appartiennent à ce groupe.



Fig. 556. — Anchois.

Les harengs (fig. 555), les anchois (fig. 556), les aloses, les brochets, les saumons, les truites (fig. 557), les brèmes, les carpes, les silures (poissons électriques) ont les nageoires abdominales situées derrière les pectorales : ce sont les *Malacoptérygiens* **abdominaux.**



Fig. 557. — Truite saumonée.

Les mornes, les merlans, les lieux, les lottes (fig. 558) ont les nageoires abdominales situées *au-dessous* des ouïes : ce sont les *Malacoptérygiens* **subbranchiens**.

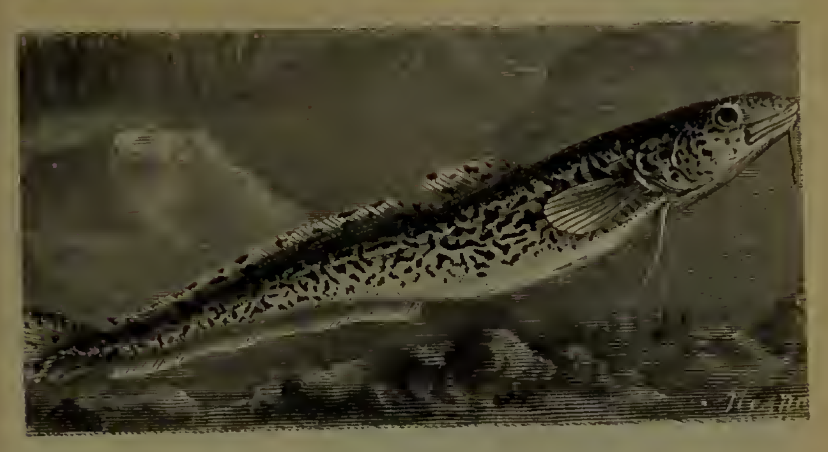


Fig. 558. — Lotte de rivière.

On range à côté d'eux les poissons *plats*, tels que le turbot (fig. 559), la sole, la limande, etc. Ceux-ci sont *physoclistes*, comme les subbranchiens.

D'autre part, il existe des poissons osseux, tels que les syngnathes et les hippo-



Fig. 559. — Turbot.

campes (fig. 554), qui, au lieu d'avoir les branchies en forme de peigne, les ont disposées en houppes : de là l'ordre des **Lophobranches** (*lophos*, houppes).

D'autres encore ont la mâchoire supérieure soudée au crâne ; ce sont les **Plectognathes** (*plectein*, réunir ; *gnathon*, mâchoire). Les coffres (fig. 541), les balistes, les poissons-lune, les diodons, etc., sont des plectognathes.

Les poissons *plats* (fig. 539) ont le corps discoïde, comprimé et asymétrique, c'est-à-dire que l'un des côtés (le gauche chez le turbot) est plus bombé, tourné en haut et porte les yeux.

En sortant de l'œuf, les petits ont le corps symétrique comme les autres poissons ; mais, à mesure qu'ils se développent, ils subissent peu à peu cette singulière déformation.

De plus, le côté tourné en haut se colore davantage, tandis que l'autre côté est aplati, sans yeux et pâle. Mais la couleur du côté supérieur n'est pas constamment la même, le turbot ayant la faculté, comme le caméléon, de mettre la teinte de sa peau en rapport avec le milieu extérieur.



Fig. 540. — Hippocampe.

Changements de couleur. — A ce sujet, il convient d'examiner de plus près où réside la couleur et par quel mécanisme l'animal peut varier sa livrée.

Chez l'homme à peau colorée (Arabe, Kabyle, Nègre, Peau-rouge, etc.), les granulations foncées, dites *pigmentaires*, se trouvent dans la couche la plus profonde de l'épiderme. Le soleil, les nuits sereines ont une influence marquée sur la teinte de la peau : c'est là le *hâle*. Il est infiniment probable que le pigment qui se produit dans l'épiderme, joue un grand rôle dans la résistance de l'organisme à la chaleur extérieure.

Nous avons étudié, d'autre part, l'influence de la couche pigmentée de la rétine sur la vision (p. 555).

Si je reviens sur les cellules pigmentaires de la rétine, c'est pour rappeler qu'elles présentent des mouvements actifs dans leur protoplasma : à la lumière, les grains de pigment s'avancent et se dispersent ; dans l'obscurité, ils se retirent dans un point de la cellule.

Les changements de couleur du caméléon (p. 127), du turbot, du poulpe, etc., reconnaissent un mécanisme comparable. Ces animaux possèdent en effet dans leur peau des cellules pigmentées appelées *chromatophores* ou *chromoblastes* (*chroma*, couleur ; *férο*, je porte ; *blastos*, germe) ; ceux-ci se comportent à peu près comme les cellules pigmentées de la rétine : l'animal peut dilater ces cellules et répandre le pigment sur une large surface ou les rétracter en une petite tache noire. C'est par ces modifications presque instantanées que le

caméléon, le poulpe, etc., peuvent revêtir coup sur coup les livrées les plus diverses.

Dans une série d'expériences délicates et ingénieuses, M. Georges Pouchet (du Muséum) a montré que les cellules pigmentaires sont sous la dépendance directe du système nerveux. Les turbots et certains crustacés vivant sur un fond de sable *à teinte claire* possèdent une teinte claire à l'unisson de celle du fond. Si on les place ensuite sur un fond *brun*, l'animal prend une livrée foncée ; ces changements harmonisent le *ton* de l'animal avec celui du fond et servent à le dissimuler (*mimétisme*) (voir p. 428).

Ces faits dûment constatés, M. Pouchet a extirpé les yeux au turbot ou sectionné tout simplement le nerf optique : la vue supprimée, l'animal a perdu la faculté de changer la couleur de sa peau.

Depuis, d'autres faits sont venus confirmer les précédents : en sectionnant



Fig. 541. — Coffre.

à un poulpe les nerfs qui vont à la peau, M. Frédéricq a vu les cellules pigmentaires se rétracter et la peau pâlir ; si l'on excite, par contre, le nerf, les cellules pigmentées s'étalent, se dilatent et la peau se colore énergiquement.

Amphioxus. — On trouve dans les sables de la mer un petit poisson long de 5 à 7 centimètres, de forme lancéolée, et effilé aux deux bouts ; d'où le nom d'*Amphioxus* (*amphi*, de part et d'autre ; *oxys*, pointu). La figure 542 le représente de *grandeur naturelle*, l'extrémité buccale à gauche. L'autre extrémité du corps est garnie d'un repli ou nageoire médiane et impaire. La figure 543 donne la partie buccale du corps à un plus fort grossissement. Le squelette est formé par la corde dorsale (voir p. 185), qui représente une tigelle étendue sur toute la longueur du corps (*cd*). Il n'existe pas de membres pairs. Le crâne fait défaut. Le système nerveux central se compose d'une moelle épinière (*sm*), séparée du tube digestif par la corde dorsale. La moelle se termine dans la tête par un bout arrondi, sur lequel on trouve une tache de pigment (œil rudimentaire). La moelle épinière donne naissance à une série de branches nerveuses qui vont se divisant dans le corps et qui sont visibles sur les figures (*n*).

A la face ventrale de l'extrémité buccale on remarque une double série

TABLEAU DES POISSONS

				Ordres.
Squelette osseux.	Poissons respirant par des branchies et des poumons			*Dipnés.*
	Branchies pectinées.	Physostomes et malacoptérygiens.	Pas de nageoires abdominales	*Malacoptérygiens apodes.*
			Nageoires abdominales situées en arrière	*Malacoptérygiens abdominaux.*
		Physoclistes et malacoptérygiens.	Nageoires abdominales sous les branchies.	*Malacoptérigiens subbranchiens.*
		Physoclistes et acanthoptérygiens.		*Acanthoptérygiens.*
	Branchies en houppes			*Lophobranches.*
	Mâchoires supérieures soudées au crâne			*Plectognathes.*
Squelette en grande partie cartilagineux.	Branchies libres avec opercule, écailles recouvertes d'émail			*Ganoïdes.*
	Une seule fente branchiale de chaque côté, nageoires paires			*Chimères.*
	Nageoires pectorales et abdominales, et bouche en forme de fente transversale			*Plagiostomes.*
	Orifice buccal en forme de ventouse ; pas de nageoires paires			*Cyclostomes.*
Ni cœur, ni cervelle				*Amphioxus.*

d'appendices (c) ou de cirres mobiles (*cirrus*, franges), circonscrivant l'orifice labial. Celui-ci conduit dans une poche, sac pharyngien ou branchial (*b*); de nombreux vaisseaux sillonnent les parois de ce sac et servent aux échanges gazeux qui se font entre le sang et l'air dissous dans l'eau. Celle-ci est mise en

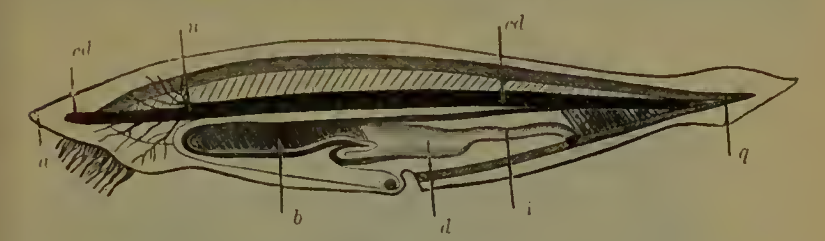


Fig. 342. — Amphioxus.

a, extrémité antérieure du corps; *b*, chambre branchiale; *d*, tube digestif; *i*, intestin; *q*, queue; *cd*, *cd*, corde dorsale; *n*, nerfs partant de la moelle épinière.

mouvement par les cils vibratiles qui tapissent le sac branchial, ainsi que tout le tube digestif.

A cette poche, qui est à la fois digestive et respiratoire, fait suite l'œsophage.

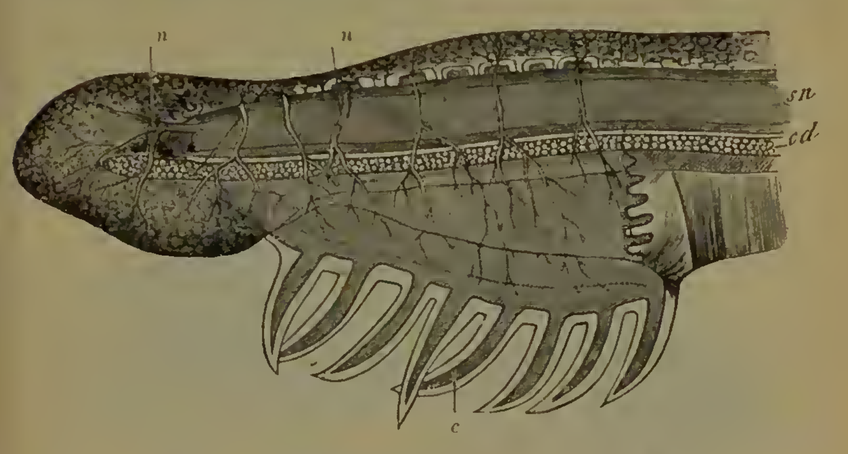


Fig. 343. — Extrémité buccale de l'Amphioxus (grossie).

c, cirres entourant la bouche; *cd*, corde dorsale; *sn*, moelle épinière; *n*, nerfs rachidiens.

Celui-ci se continue par un léger renflement, l'estomac (*d*); puis vient un intestin (*i*) presque rectiligne et fort court, qui s'ouvre par l'anus sur la face ventrale du corps. Le foie n'est représenté que par un diverticule à épithélium teinté de jaune. L'amphioxus possède des vaisseaux contractiles et un sang dépourvu de globules rouges. Un vaisseau *ventral* rapporte le sang des organes et le conduit au-dessous du sac branchial; là, il se divise, comme l'artère branchiale des poissons, en une série de branches, qui contournent en arcs l'appa-

reil branchial et se réunissent, au-dessous de la corde dorsale, pour former l'aorte. Pendant ce trajet dans les branchies, le sang se charge d'oxygène ; puis l'aorte le distribue dans tout le corps. Comme cela existe chez certains vers, les parois des vaisseaux eux-mêmes sont contractiles en certains point, et mettent le sang en mouvement.



Fig. 541. — Escargot de la vigne.

On voit que l'amphioxus est un vertébré, puisqu'il possède le squelette primitif de ces animaux, c'est-à-dire la corde dorsale; mais c'est un vertébré absolument inférieur, car il n'a ni cœur, ni tête, ni cervelle.

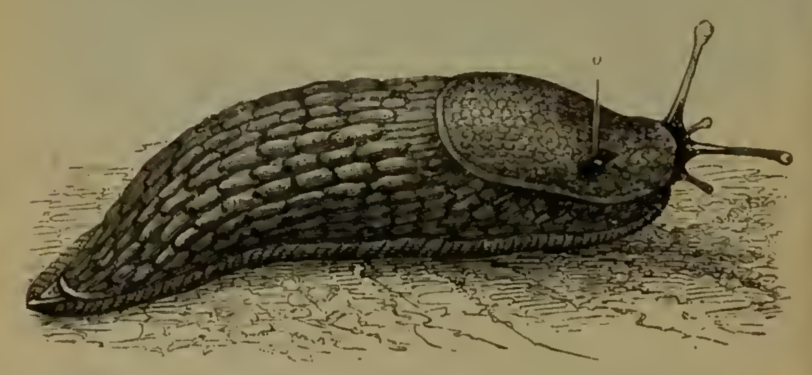


Fig. 545. — Limace rouge (Arion) ; *o*, ouverture des poumons.

Cette organisation singulière a valu à l'amphioxus plusieurs dénominations : les branchies, situées autour de la bouche lui ont fait donner le nom de *branchiostome ;* les vaisseaux contractiles, celui de *leptocardien* (*leptos*, mince-délié; *cardia*, cœur) ; l'absence de crâne, celui d'*acrânien*[1] *a* privatif).

1. Voyez page 456 le tableau résumant le groupement des poissons.

II. — MOLLUSQUES

Si nous considérons l'escargot de la vigne (fig. 544), la limace (fig. 545), l'huître et la seiche (fig. 546 et 547), nous voyons que ces animaux sont pourvus



mt, manteau ;

m, muscle reliant les deux valves, servant à les fermer et coupé ici ;

b, branchies ;

s, voiles ou palpes entourant la bouche ;

o, œufs.

Fig. 546 — Huître (dont une des valves de la coquille a été enlevée).

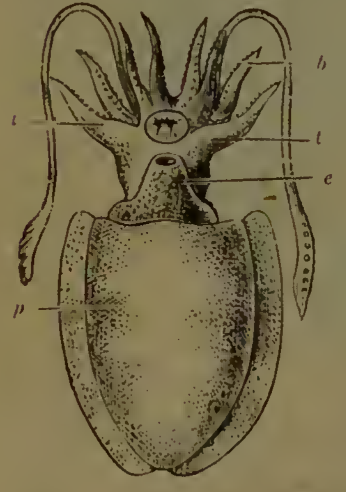


Fig. 547 — Seiche (vue en dessous).
t, *t*, tête; *b*. bras; *p*. poche renfermant les viscères; *e*. entonnoir.



Fig. 548. — Os de Seiche (la coquille), vu en dessous.

d'un corps mou, recouvert d'une peau visqueuse (d'où le nom de *Mollusques* donné au groupe (*mollis*. *mollusca*, mou). Souvent leurs téguments sécrètent une

coquille, formée d'une ou de deux valves, qui constituent leur squelette cutané.

Le corps ovoïde de la seiche (fig. 347) laisse distinguer trois parties : une partie antérieure ou *tête* entourée par des appendices, *tentacules* ou *bras*, et une partie postérieure, en forme de poche, appelée *manteau* et renfermant les viscères. Les bras sont les organes de préhension ou de fixation. La tête de ces

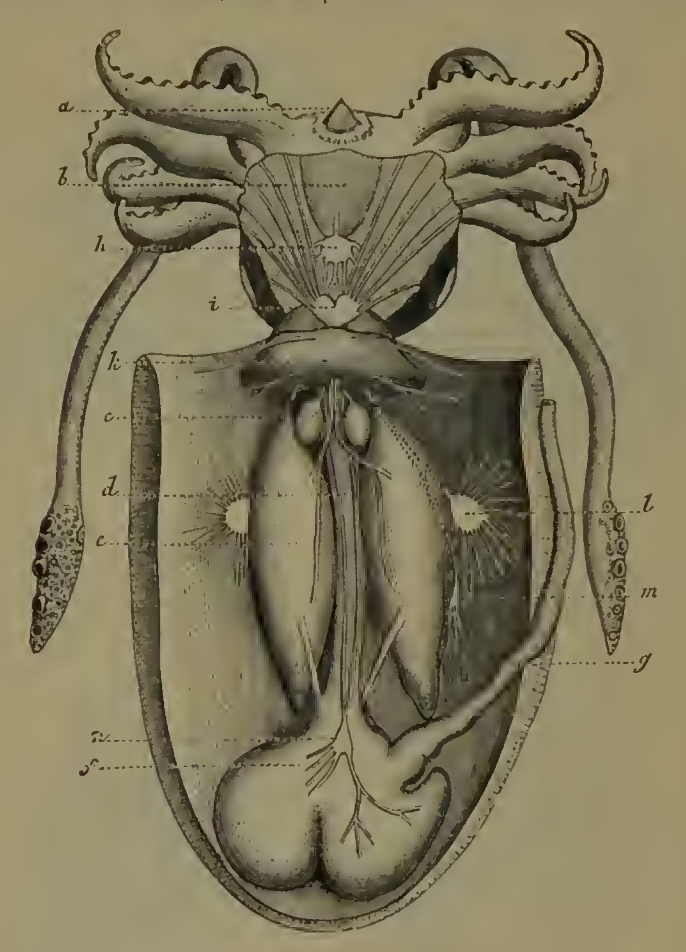


Fig. 349. — Anatomie de la Seiche (le manteau a été fendu et étalé).

a, bec de perroquet ; *b*, masse buccale ; *c*, glandes salivaires ; *d*, œsophage ; *e*, foie ; *f*, estomac ; *g*, intestin ; *h*, ganglion buccal, innervant le pharynx et la bouche ; *i*, ganglion en patte d'oie ou pédieux ; *k*, cartilage crânien, renfermant le ganglion cérébroïde ; *l*, ganglion étoilé ; *m* et *n*, ganglions viscéraux.

mollusques est entourée d'une couronne de tentacules formés aux dépens de la portion ventrale de l'animal ou *pied* ; d'où le nom de **Céphalopodes** qu'ils ont reçu (*cephale*, tête ; *pous, podos*, pied).

L'escargot et les animaux voisins ont le corps également divisé en trois parties (fig. 355) : 1° une *tête*, pourvue de deux ou quatre tentacules ; 2° un *pied*

(*p*) ventral et aplati, et 3° un *manteau*, contourné fort souvent en spirale et contenant les viscères. Ils forment l'ordre des **Gastéropodes** (*gaster*, ventre; *pous, podos*, pied).

L'huître et la moule, au contraire, ont un corps aplati latéralement : de sa face dorsale part de chaque côté un repli cutané, le *manteau*, et sa partie ventrale se termine par un épaississement, le *pied*. Les deux moitiés latérales du manteau sécrètent ordinairement chacune une valve formant la coquille.

L'absence de tête a fait donner à cet ordre le nom d'**Acéphales** (*a* privatif).

TUBE DIGESTIF. — Le canal alimentaire des mollusques a deux ouvertures séparées; chez les Céphalopodes (fig. 349), la bouche (*b*) renferme deux mâchoires

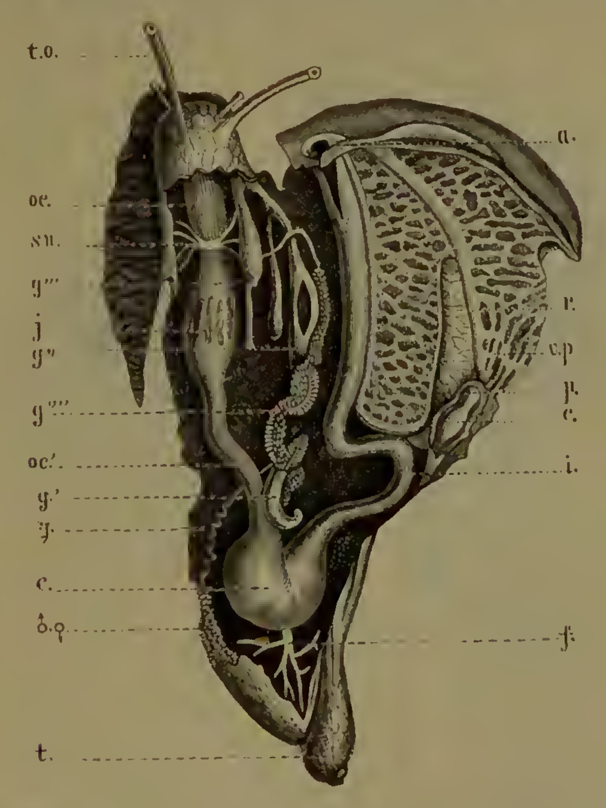


Fig. 350. — Organisation d'un Mollusque voisin de l'Escargot (Agathine).

to, tentacules portant les yeux; *œ*, *œ'*, œsophage; *sn*, système nerveux; *j*, jabot; *e*, estomac; *f*, foie; *i*, intestin; *a*, anus; *p*, *vp*, poumon; *r*, rein; *c*, cœur; *g*, *g'*, *g''*, *g'''*, *g''''*, appareil reproducteur; *t*, tortillon.

en forme de bec de perroquet (*a*) et une langue cornée; puis vient un œsophage (*d*) qui conduit dans un estomac (*f*), lequel se continue avec l'intestin (*g*). Celui-ci se contourne sur lui-même et va ensuite s'ouvrir sur la partie dorsale et antérieure de l'entonnoir (fig. 347, *e*).

Des glandes salivaires (*c*) et un foie volumineux (*e*) débouchent dans le tube digestif.

Chez les **Gastéropodes**, la disposition générale est la même, si ce n'est que l'œsophage présente un jabot (fig. 550, *j*). La langue de ces animaux est longue et également recouverte d'une série de dents, qui la transforment en une râpe : d'où son nom de *radula* (*radula*, racloir).

Les **Acéphales** manquent de mâchoires et de radula ; deux replis membraneux, les *palpes labiaux* (*labium*, lèvre), entourent la bouche. Les cils vibratiles qui les recouvrent déterminent, par leurs mouvements, un courant qui entraîne les particules alimentaires dans la cavité buccale (fig. 558). Un court œsophage conduit dans l'estomac (*e*), qui se continue par l'intestin (*i*), décrivant plusieurs circonvolutions et se terminant par l'anus (*a*) dans la cavité du manteau.

RESPIRATION. — L'appareil respiratoire est représenté par des appendices en forme de peigne, les *branchies* (fig. 346). Celles-ci existent chez la plupart

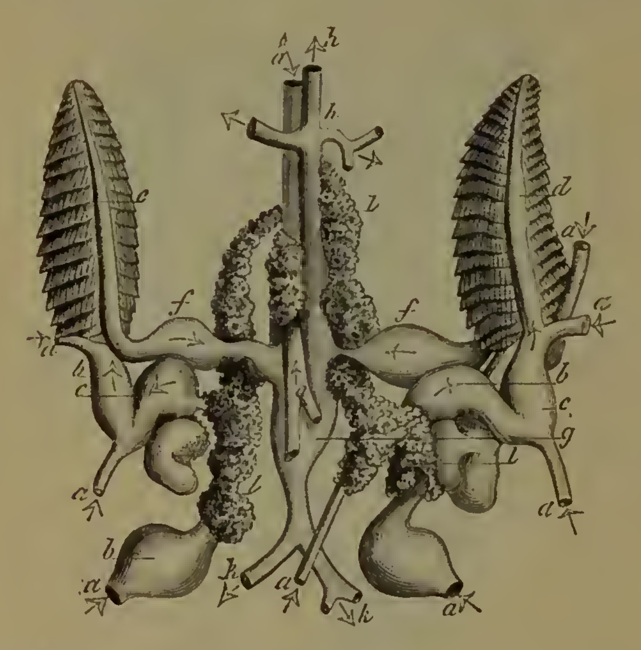


Fig. 551. — Branchies, cœur et principaux vaisseaux de la Seiche.

a, *a*, *a*, veines avec leurs poches contractiles (*bb*) et (*rc*), chassant le sang dans les branchies (*d* et *e*) ; *d* et *c*, vaisseaux ramenant le sang oxygéné des branchies dans les oreillettes (*ff*), qui le poussent dans le ventricule (*g*). Ce dernier l'envoie dans les aortes (*kk* et *g*) ; *ll*, rein.

des mollusques, sauf la limace, et l'escargot, qui, vivant sur la terre, ont une cavité respiratoire formée par une poche molle et cutanée, le *poumon* (fig. 550). Celui-ci ressemble plus à une branchie qu'à un poumon de vertébré.

Chez les **Céphalopodes** tels que la seiche, les branchies sont deux organes en forme de pyramides (fig. 551) placés dans la cavité du manteau et portant deux séries de bandes transversales, garnies de lamelles.

Chez les céphalopodes, l'eau entre dans la cavité du manteau par une fente qui se trouve de chaque côté, entre son bord et l'entonnoir. Après avoir baigné les branchies, elle passe dans l'entonnoir où aboutit également l'anus. En outre,

on y voit déboucher une glande spéciale *(poche du noir, poche à encre)* sécrétant une humeur semblable à la *sépia*, qu'on retire du même organe de la seche *(sepia)*. Dès que l'animal est inquiété, il répand l'encre, qui forme dans l'eau ambiante un nuage foncé le protégeant contre la poursuite de ses ennemis.



Fig. 352. — Éolide (Gastéropode marin).

Signalons quelques mollusques voisins des gastéropodes et vivant en mer, tels que les éolides (fig. 352), où les branchies sont libres et disposées sur le dos. Le canal alimentaire de ces animaux, formé d'une bouche (*a*), d'un œsophage (*b*), d'un estomac (*c*), d'un intestin (*e*), présente une disposition remarquable : il émet en effet une série de prolongements ramifiés et pigmentés (*d*) qui pénètrent jusque dans les branchies fig. 353 et 354).



Fig. 353. — Tritonie (Gastéropode marin).

Chez les **Acéphales**, les branchies ont la forme de deux paires d'organes lamelleux placés entre le manteau et le corps; à raison de cette configuration des branchies, les acéphales sont encore appelés **Lamellibranches** (fig. 346). La surface des branchies est revêtue, chez les acéphales, d'un épithélium à cils vibratiles (voir p. 151) dont le mouvement continu nettoie la surface tout en renouvelant l'eau.

5. CIRCULATION. — L'appareil de la circulation est composé de renflements contractiles et de vaisseaux. Ceux-ci forment un système qui n'est pas entièrement clos, car, par certains points, il est en communication soit avec l'extérieur, soit avec les lacunes interorganiques.

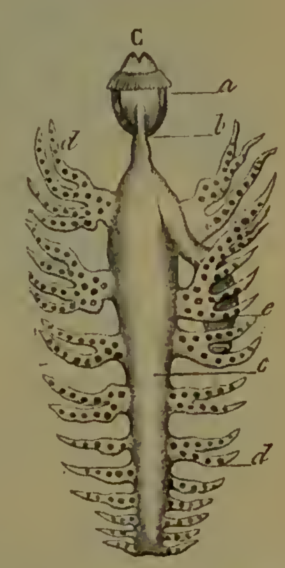


Fig. 354. — Appareil digestif de l'Éolide.

a, bouche avec ses mâchoires chitineuses (C); *b*, œsophage ; *c*, estomac ; *e*, rectum *d*, appendices du tube digestif chargés de pigment et figurant le foie.

Chez la seiche (fig. 351), les veines (*aa*), qui ramènent le sang du corps, sont entourées d'un organe urinaire (*l*). Les veines présentent des renflements contractiles (*b* et *c*), qui chassent le sang dans les vaisseaux des branchies (*d* et *e*). Des vaisseaux particuliers le ramènent à des oreillettes *ff*, qui le poussent dans le ventricule (*g*). De ce dernier partent des artères antérieures (*hh*) et des postérieures (*kk*), dont les rameaux portent le sang oxygéné dans les tissus du corps. Entre les artères et les veines se trouvent non des capillaires à parois complètes, mais des espaces lacunaires.

Chez les **Gastéropodes** (fig. 355), le cœur est situé sur le dos, près des branchies ou du poumon : le sang, qui vient d'y subir le contact de l'air, est rassemblé dans une oreillette et passe dans le ventricule. Celui-ci l'envoie par un vaisseau antérieur jusque dans la tête, et par un vaisseau postérieur dans les viscères. Après avoir baigné les tissus, des espaces ou lacunes interorganiques le transmettent de nouveau aux organes de la respiration.

Les **Lamellibranches** possèdent également un cœur placé sur le trajet du sang oxygéné et présentant ce fait remarquable d'être traversé par le rectum.

Les **Mollusques** ont par conséquent un appareil circulatoire où le sang oxy-

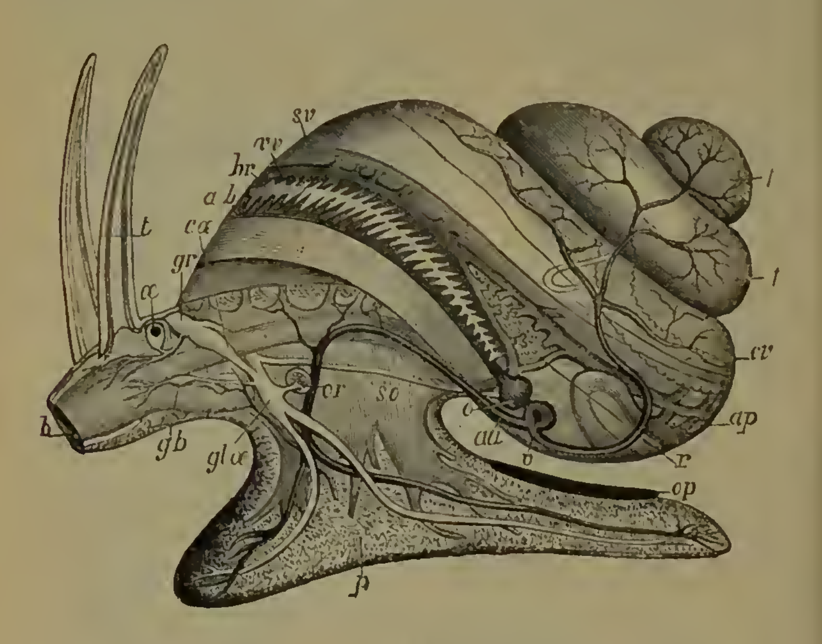


Fig. 355. — Anatomie d'un Gastéropode (Paludine vivipare).

b, bouche; *p*, pied; *f*, *f*, tortillon renfermant les viscères; *r*, rein; *t*, tentacule; *ov*, réceptacle d'œufs ou ovaire; *op*, opercule protégeant l'animal quand il s'est retiré dans sa coquille; *gr*, ganglion cérébroïde; *glα*, ganglion pédieux avec ses rameaux; *gb*, ganglion buccal; *or*, vésicule auditive avec son nerf; *α*, œil avec son nerf; *br*, branchie; *o*, oreillette; *v*, ventricule, donnant l'aorte antérieure (*aa*) et l'aorte postérieure (*ap*); *sv*, sinus veineux où le sang se rassemble avant d'être dirigé dans la branchie (*br*), par le vaisseau (*vv*); *ab*, vaisseau ramenant le sang oxygéné au cœur.

géné ne se mélange nulle part au sang non oxygéné; chez les céphalopodes, des poches contractiles se trouvent sur le passage de l'un et l'autre sang; chez les gastéropodes et les lamellibranches, le sang oxygéné seul est pourvu d'un appareil contractile.

Nous savons que les vertébrés ont un liquide sanguin ne renfermant que des globules blancs. Paul Bert avait vu cependant le sang du poulpe *bleuir* au contact de l'air. M. Frédéricq a pu isoler la substance dissoute dans le sang et

qui, en fixant l'oxygène, prend une teinte bleue; il a pu l'analyser et la faire cristalliser; elle renferme du cuivre, et non du fer comme l'hémoglobine des vertébrés; de là le nom d'*hémocyanine* (*aima*, sang; *cyaneus*, bleu azuré).

L'hémocyanine remplit chez les céphalopodes le même rôle que l'hémoglobine chez les vertébrés. Le sang qui revient des organes est incolore en abordant les branchies, mais, après avoir traversé celles-ci, il est devenu *bleu foncé*, parce qu'il s'est chargé d'oxygène, combiné à l'hémocyanine.

SYSTÈME NERVEUX. — Le système nerveux des mollusques se compose d'une série de renflements ganglionnaires et de filets nerveux qui en partent.

Chez la seiche, les ganglions cérébroïdes forment une masse (fig. 349 et 356, *k*) enveloppée par une capsule cartilagineuse et émettant les nerfs optiques et les nerfs auditifs. Une masse antérieure (ganglion en patte d'oie ou pédieux *i*) fournit les nerfs aux bras; d'autres ganglions (*c* et *h*) innervent le pharynx et la bouche. En arrière de ceux-ci on voit : 1° les *ganglions étoilés* (*l*), dont les nerfs vont aux branchies; 2° le ganglion (*m*), qui va aux ovaires, et enfin 3° le ganglion (*n*), dont les filets se rendent à l'estomac.

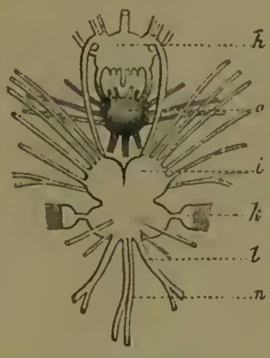


Fig. 356. — Système nerveux de la Seiche (isolé).

h, ganglion buccal; *o*, ganglion pharyngien; *i*, ganglion pédieux; *k*, nerf optique prenant naissance sur le ganglion cérébroïde; *l*, nerf branchial; *n*, nerf viscéral.

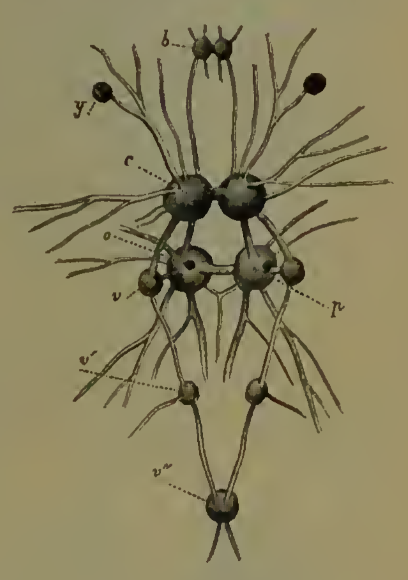


Fig. 357. — Système nerveux d'un Gastéropode (isolé).

c, ganglions cérébroïdes; *p*, ganglions pédieux; *v*, *v'*, *v''*, ganglions viscéraux; *o*, vésicule auditive; *y*, organe visuel; *b*, ganglion buccal.

Chez les **Gastéropodes** (fig. 357), le système nerveux se compose d'un double ganglion cérébroïde (*c*), d'un collier œsophagien, qui le réunit au ganglion pédieux et de plusieurs ganglions viscéraux (*v*, *v'*, *v''*), en nombre *impair*.

Chez les **Lamellibranches** (fig. 358) on voit des ganglions buccaux (*g*), des ganglions pédieux et viscéraux : chacun de ceux-ci est relié aux ganglions buccaux.

ORGANES DES SENS. — Les organes des sens, surtout ceux de la vue et de l'ouïe, atteignent un grand développement chez les mollusques. Les céphalopodes, par exemple, possèdent deux yeux rappelant par leur structure ceux des vertébrés, et des organes de l'ouïe, représentés par des vésicules auditives (fig. 355, *or*).

Signalons enfin des mollusques habitant la haute mer, et pourvus, au-dessous de la bouche, de deux nageoires en forme d'ailes (fig. 359). Celles-ci leur ser-

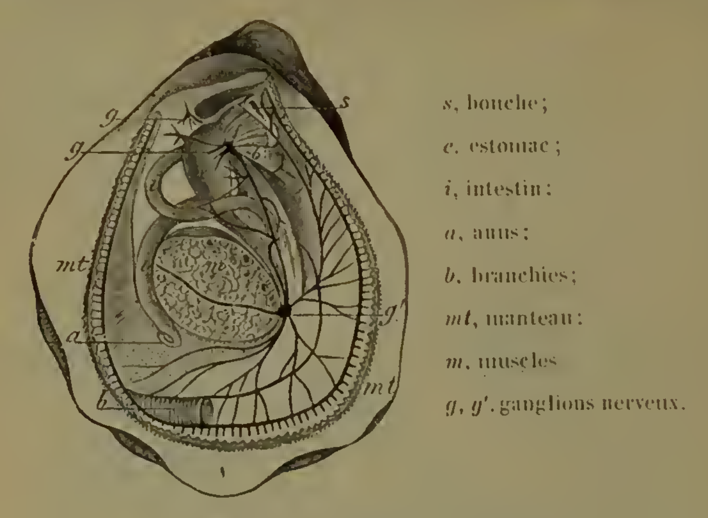


Fig. 358. — Organisation de l'Huître.

vent à progresser sur l'eau. On les distingue pour ce motif sous le nom de **Ptéropodes** (*ptéron*, aile; *pous*, *podos*, pied).

Fig. 359. — Cuvièrie (Ptéropode).

Les mollusques sont, par conséquent, des animaux dont l'organisation présente un grand degré de complication. Le tube digestif est complet. Les organes de la respiration sont représentés le plus souvent par des *branchies*, logées dans la cavité du manteau. Chez beaucoup de gastéropodes et de lamellibranches, les bords du manteau se soudent même et se prolongent en un ou deux tubes (*siphon*), dont l'un donne entrée aux particules alimentaires et respiratoires, tandis que l'autre sert à la sortie des résidus.

Les organes de la circulation offrent des poches contractiles et sont en relation avec un appareil urinaire, semblable à celui de la seiche et qu'on appelle *corps de Bojanus*, du nom de l'anatomiste alsacien qui l'a signalé dans la première moitié du XIXe siècle.

Les ganglions nerveux sont annexés aux diverses parties du corps auxquelles ils envoient des filets.

La plupart des mollusques rampent, nagent ou sautent. Ils proviennent d'un œuf, qui, après segmentation, donne naissance à un embryon. Celui-ci nage librement à l'aide d'un ou deux disques

de cils vibratiles. Quelques lamellibranches se fixent plus tard : l'huître se soude aux rochers par l'une de ses valves ; d'autres, tels que la moule, s'attachent, au moyen d'un organe dit *byssus* (*byssos*, lin très fin) : celui-ci se compose de filaments soyeux, que sécrète une glande située dans le pied.

Le tableau suivant résume le groupement des mollusques :

		Classes.
MOLLUSQUES à tête distincte.	Pourvus d'un cercle de bras autour de la bouche	*Céphalopodes.*
	Rampant sur le ventre et pourvus de deux ou quatre tentacules.	*Gastéropodes.*
	Pourvus de deux nageoires	*Ptéropodes.*
MOLLUSQUES à tête non distincte	Coquille formée de deux valves ; deux branchies lamelleuses.	*Lamellibranches.*

TUNICIERS — BRYOZOAIRES — BRACHIOPODES

Je vais décrire, à la suite des mollusques, certains animaux formant trois groupes spéciaux. Chacun de ces groupes présente des caractères d'organisation tellement distincts, qu'il convient d'en faire des *types* séparés.

1° Tuniciers.

On trouve dans la mer des animaux en forme de sac, réunis en groupes ou libres, comme sur la figure 560. On les a regardés pendant longtemps comme des acéphales. L'aspect de tonnelet a fait donner à un grand nombre d'entre eux le nom d'*ascidies* (*ascos*, outre). L'enveloppe de leur corps est constituée par une tunique formée de cellulose ayant une consistance cartilagineuse, fendue et étalée sur la figure 560 : de là le nom de **TUNICIERS** donné au groupe entier (*tunica*, coque).

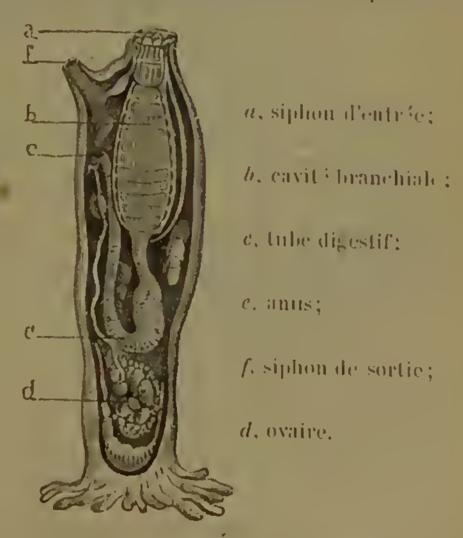


Fig. 560. — Organisation de l'Ascidie.

Leur corps communique avec l'extérieur par deux ouvertures placées au bout de deux tubes, les *siphons* (fig. 560, *a* et *f*) : l'un (*a*) permet l'entrée de l'eau oxygénée et des matières alimentaires ; l'autre (*f*) est l'orifice de sortie de l'eau, des œufs et des résidus de la digestion. Ces deux tubes peuvent s'ouvrir et se fermer à l'aide d'un appareil musculaire spécial. Au siphon d'entrée (*a*) fait suite une cavité dans laquelle est placé un sac branchial treillissé (*b*). Le tube digestif (*c*), muni d'un foie, commence au fond du sac bran-

chial, se contourne sur lui-même, puis l'extrémité terminale (e) vient s'ouvrir dans le siphon de sortie. Il existe un cœur, dont les contractions chassent le sang, tantôt dans un sens, tantôt dans un autre. Le cœur communique d'un côté avec les vaisseaux branchiaux, et de l'autre avec la cavité contenant les viscères. Le cœur se contracte à un moment donné de gauche à droite et chasse le sang dans cette direction ; puis il s'arrête et, après quelque repos, il se contracte de droite à gauche et pousse le sang dans le même sens.

Le système nerveux est représenté par un ganglion dorsal, unique, dont les prolongements vont aux organes et, chez quelques-uns, aux yeux.

La larve de ces animaux est remarquable : au sortir de l'œuf, elle a la forme d'un têtard (fig. 361). La tête présente l'entrée du tube digestif (r) et l'appareil branchial (*b*) ; l'extrémité postérieure du corps se prolonge en une queue (recourbée du côté ventral). On remarque dans cette queue un axe, ou

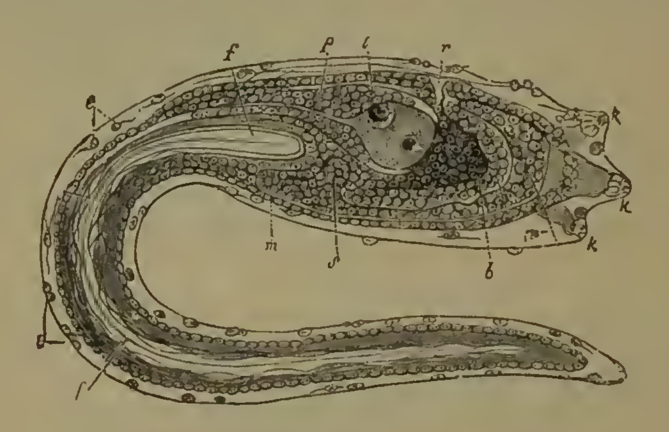


Fig. 361. — Larve d'Ascidie en forme de Têtard.

e, tunique formée de cellules ; *r*, bouche ; *b*, branchie ; *m*, tube digestif : *s*, anus ; *l*, tache pigmentée, située sur le ganglion nerveux ; *p*, cordon nerveux ; *f*, *f*, corde dorsale ; *k*, *k*, organes de fixation

squelette central, rappelant la corde dorsale de l'amphioxus (*f*) et, sur sa face dorsale, un système nerveux de forme allongée avec une ou deux taches pigmentées (*yeux rudimentaires*). Les larves munies de cet appendice caudal nagent librement, mais bientôt on voit se développer à l'extrémité buccale du corps des bourgeons ou cônes (*k*, *k*), qui la fixent sur les rochers. Alors elles se transforment en animaux adultes, n'ayant plus qu'une existence sédentaire. La corde dorsale et le système nerveux disparaissent, sauf le premier ganglion.

Outre cette reproduction par œufs, les tuniciers se multiplient par une sorte de bourgeonnement. Les tissus d'un seul individu poussent des prolongements, qui restent réunis en une masse commune, et forment des groupes ou colonies d'ascidies.

Le mode de développement des œufs de tuniciers, la présence d'une corde dorsale chez l'embryon et ses rapports avec le système nerveux et le tube digestif font considérer ces animaux comme des vertébrés dégénérés pour les uns, ou proches parents des ancêtres des vertébrés actuels pour les autres.

2° Bryozoaires

Les figures 362 et 365 représentent des animaux dont l'aspect rappelle celui des algues ou des mousses; de là le nom de **BRYOZOAIRES** que ces animaux ont reçu (*bryon*, mousses; *zoon*, animal). Ils sont réunis le plus souvent en grand nombre: il y en a trois sur la figure 365, et ils ressemblent à des colonies de cœlentérés (voir p. 517). Mais ce ne sont pas des cœlentérés, puisque (fig. 362) chacun d'eux est pourvu d'un tube digestif présentant une bouche et un anus. La partie buccale du corps est entourée d'une couronne de tentacules formant panache et pouvant s'épanouir au dehors ou rentrer dans la gaine protectrice du corps.

a, panache branchia

b, œsophage;

c, estomac;

d, intestin

e, anus

f, œuf.

Fig. 362. — Anatomie d'un Bryozoaire (Plumatelle).

Chaque animal est enfermé dans une coque cornée ou parcheminée. Celle-ci contient les muscles qui servent à mouvoir les tentacules. Le tube digestif est libre dans cette coque, dont il est séparé par une cavité viscérale. Il se compose d'un œsophage (*b*) faisant suite à l'ouverture buccale, d'un estomac (*c*) et d'un intestin (*d*), qui se recourbe de manière à devenir parallèle à l'œsophage et à se terminer par un anus (*e*), situé à côté de la bouche.

Les tentacules sont creux et communiquent avec la cavité viscérale; ils sont couverts de cils vibratiles, qui attirent les particules alimentaires; ils servent aussi d'organes respiratoires.

Un ganglion nerveux, situé entre la bouche et l'anus, semble représenter, avec ses prolongements, tout le système nerveux et les organes des sens.



Fig. 365. — Colonie de Bryozoaires (Cristatelles), avec leurs branchies étalées en forme de panache.

Ces êtres ont des ressemblances avec les vers, avec les tuniciers, avec les brachiopodes et avec les mollusques. Aussi les zoologistes placent-ils ces animaux, tantôt à côté des tuniciers, tantôt à côté des brachiopodes, tantôt enfin à côté des mollusques, suivant le plus ou moins d'importance que ces auteurs attachent aux divers caractères du groupe.

On trouve des bryozoaires vivant dans l'eau douce; tels sont ceux figurés en 365. La mer nourrit des espèces plus nombreuses, dont beaucoup s'encroûtent d'un dépôt calcaire ou présentent la consistance du parchemin.

3° Brachiopodes.

Les figures 564, A, B, C, D, représentent des animaux marins qui ont une certaine ressemblance extérieure avec les lamellibranches ou *bivalves*; mais,

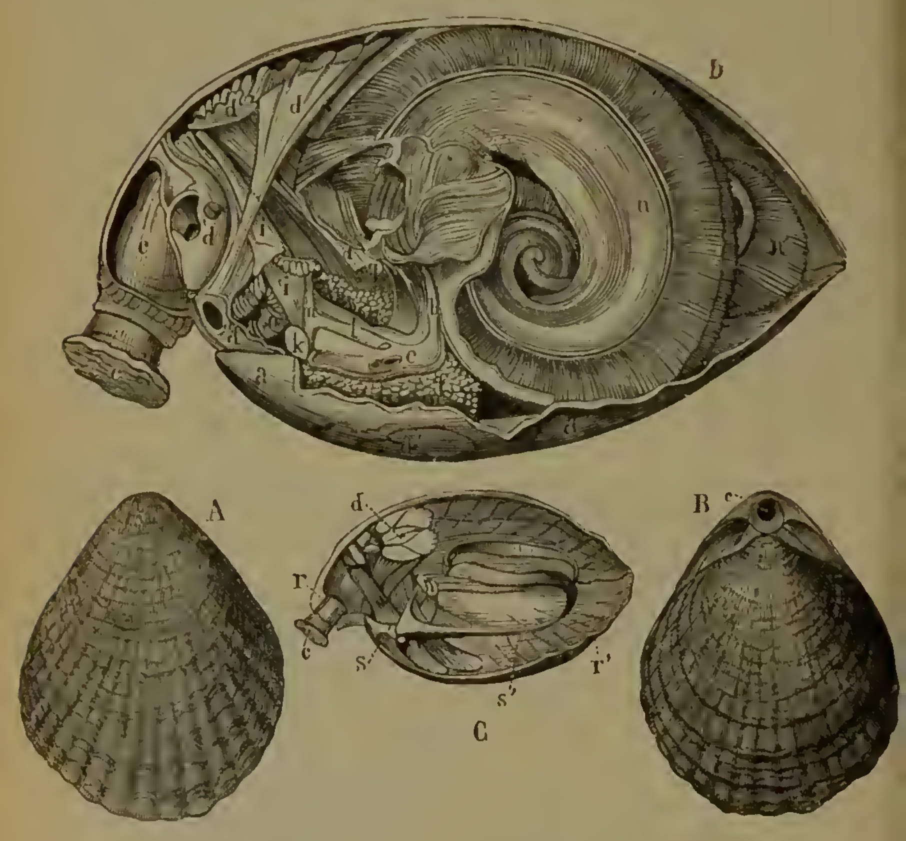


Fig. 564. — Brachiopode (Waldheimie australe).

A, coquille (face inférieure); B, l'autre valve de la coquille munie en *c* d'une ouverture pour laisser sortir le pédoncule d'attache de l'animal.

C, animal vu en coupe; *c*, pédoncule; *d*, muscles servant à fermer et à ouvrir les valves; *r*, point de sortie du pédoncule; *s*, *r'*, squelette servant à supporter les bras.

D (le brachiopode est retiré de sa coquille et grossi); *a*, *a'*, manteau; *b*, œsophage; *c*, pédoncule; *d*, *d'*, muscles; *e*, estomac; *i*, *i'*, intestin; *k*, cœur; *l*, *m*, vaisseaux sanguins; *n*, *n'*, bras enroulés et à bords frangés; *o*, oviducte.

au lieu d'avoir comme ceux-ci une coquille à deux valves latérales, ils possèdent une coquille dont les valves sont, l'une ventrale, l'autre dorsale.

La bouche est entourée de deux prolongements ou bras enroulés en spirale (*n*, *n'*) représentant le pied, d'où le nom de **BRACHIOPODES** (*brachion*, bras;

pous, podos, pied) donné au groupe. Ces animaux possèdent un manteau (*aa*), souvent encroûté de spicules calcaires ; un tube digestif, formé d'un œsophage (*b*), d'un estomac (*e*) et d'un intestin (*i*, *i'*). Il existe un cœur (*k*) et des vaisseaux sanguins. Le système nerveux est formé de ganglions et de filets nerveux qui en partent.

Ils se reproduisent par des œufs dont le développement rappelle celui des bryozoaires et des vers. Ils se transforment en larves qui nagent en liberté.

Les brachiopodes sont uniquement marins. On trouve des coquilles de brachiopodes dans les terrains les plus anciens de l'écorce terrestre et plusieurs de



Fig. 365.
Coquille de Spirifère.



Fig. 366.
Coquille de Rhynchonelle.

leurs espèces se sont conservées jusqu'à nos jours. Les figures 365 et 366 représentent des brachiopodes fossiles des premières formations géologiques.

III. — ANNELÉS

Animaux dont le corps est composé d'une succession d'anneaux. Chez les uns, ces anneaux sont pourvus d'appendices, dont chacun est formé d'articles mis bout à bout : ce sont les **ARTICULÉS**. Chez les autres, les anneaux sont munis d'appendices non articulés ; ce sont les **VERS**.

A. — Articulés.

Si l'on examine un mille-pieds (fig. 389), une libellule (fig. 367), un scorpion (fig. 391) et une écrevisse (fig. 396), on remarque que le corps de ces divers animaux est composé d'une suite d'anneaux. Ceux-ci sont tous semblables entre eux chez le mille-pieds, et chacun porte une paire d'appendices, formés d'une série d'articles mis bout à bout. La libellule, le scorpion et l'écrevisse ont encore des appendices articulés, mais dont la forme diffère à la partie antérieure, moyenne et postérieure du corps. On donne le nom d'*Articulés* à ces animaux formés d'anneaux munis d'appendices à jointures (*articulus*, jointure, articulation), et ceux-ci, servant d'organes de locomotion, les ont fait aussi appeler **ARTHROPODES** (*arthron*, articulation ; *pous*, *podos*, pied).

Parmi ces animaux, les uns ont le corps divisé en trois régions (fig. 369) : une postérieure ou *abdomen* à anneaux distincts ; une région moyenne ou *thorax*, pourvue de trois paires de pattes, et une région antérieure ou *tête*. Ils forment le groupe ou classe des **Insectes**, appelés encore **Hexapodes**, c'est-à-dire à six pieds (*hex*, six).

Ceux qui ont une tête suivie de nombreux anneaux semblables, chacun pourvu d'appendices comme le mille-pieds, constituent la classe des **Myriopodes** (*myrioi*, dix mille).

Ceux qui, comme le scorpion, ont la tête et le thorax réunis en un céphalothorax, portent quatre paires d'appendices locomoteurs : ces animaux sont des **Octopodes** (*octo*, huit) et forment la classe des **Arachnides** (*arachné*, araignée).

Enfin, les Articulés qui, comme l'écrevisse, vivent dans l'eau et respirent par des branchies comme les poissons, constituent la classe des **Crustacés** (*crusta*, croûte, que forme leur enveloppe souvent rigide).

1° Insectes. — La tête des insectes est formée de plusieurs anneaux soudés dont la face dorsale porte les yeux et des appendices articulés, dits *antennes*, qui sont des organes des sens (toucher et odorat). La face ventrale de la tête



Fig. 567. — Libellule

présente l'orifice buccal, entouré de la lèvre supérieure ou *labre* (fig. 568, *ls*), de deux paires de mâchoires se mouvant latéralement et de la lèvre inférieure (*li*). Chez les insectes, comme chez tous les articulés, l'orifice buccal représente une fente *longitudinale*, tandis qu'il figure une fente transversale chez la plupart des vertébrés. Les mâchoires supérieures, ou mandibules (*ms*), sont deux lames allongées, dont le bord interne est muni de saillies dures en forme de dents et bien propres à saisir et à broyer les aliments. Les mâchoires inférieures, ou maxilles (*ma*), sont formées d'un grand nombre de pièces et pourvues de palpes labiaux (*pm*).

Ces diverses pièces entourant la bouche forment l'armature buccale des insectes. Celle-ci peut servir à broyer, à lécher ou à sucer. Mais, ainsi que l'a prouvé Savigny, quelle que soit sa fonction, elle est toujours composée des mêmes pièces, qui prennent des formes différentes, selon l'usage qu'en fait l'insecte.

Les pièces buccales que je viens de décrire chez le carabe sont disposées pour broyer ; elles se rencontrent chez les *Coléoptères*, les *Orthoptères* et les *Névroptères* (voir plus loin).

Chez les abeilles (*Hyménoptères*) (fig. 372), le labre et les mandibules ont encore la même forme et servent à couper et à broyer, mais les maxilles et la lèvre inférieure s'allongent et se disposent pour lécher et sucer les liquides.

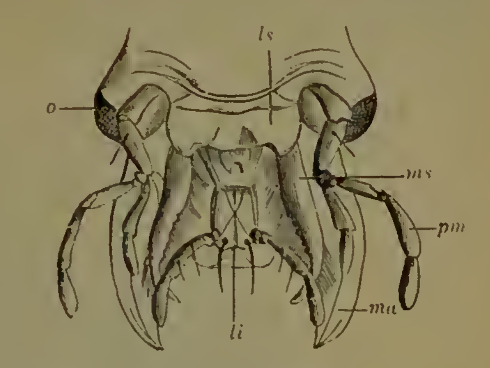


Fig. 368. — Bouche d'un insecte broyeur (Carabe).

o, yeux; *ls*, lèvre supérieure ou labre; *ms*, mâchoires supérieures ou *mandibules*; *ma*, mâchoires inférieures ou *maxilles*, munies de palpes maxillaires; *li*, lèvre inférieure, munie de palpes.

Chez les punaises (*Hémiptères*), le labre et les mandibules prennent la forme de stylets acérés, tandis que les maxilles et la lèvre inférieure se soudent pour constituer un rostre (*rostrum*, bec, suçoir), servant à puiser une nourriture liquide.

Chez les mouches (*Diptères*) (fig. 381), les mandibules et les maxilles se modifient de la même façon et servent à piquer, pendant que la lèvre inférieure s'allonge et se termine par un disque renflé.

Chez les papillons, enfin (*Lépidoptères*) (fig. 380), ces diverses pièces forment une *trompe*, apte à la succion.

Le thorax est formé de trois anneaux soudés, portant chacun du côté ventral



Fig. 369. — Régions du corps d'un insecte (Guêpe).

1, tête et ses appendices; *a*, antennes. — 2, thorax portant les ailes et les pattes; 3, abdomen.

une paire de pattes articulées, et souvent, du côté dorsal, deux paires de lames membraneuses faisant fonction d'ailes (fig. 369).

L'abdomen est constitué par neuf ou dix anneaux distincts et réunis par des espaces membraneux.

TUBE DIGESTIF. — Le *tube digestif* (fig. 370, 371, 372) commence à la cavité buccale, qui est suivie par un œsophage étroit (*a*). De nombreuses glandes salivaires (*b*) entourent ce segment. Il existe plusieurs renflements stomacaux, chez le hanneton par exemple : un *jabot* (*b*), un *gésier* (*c*, *c*), un

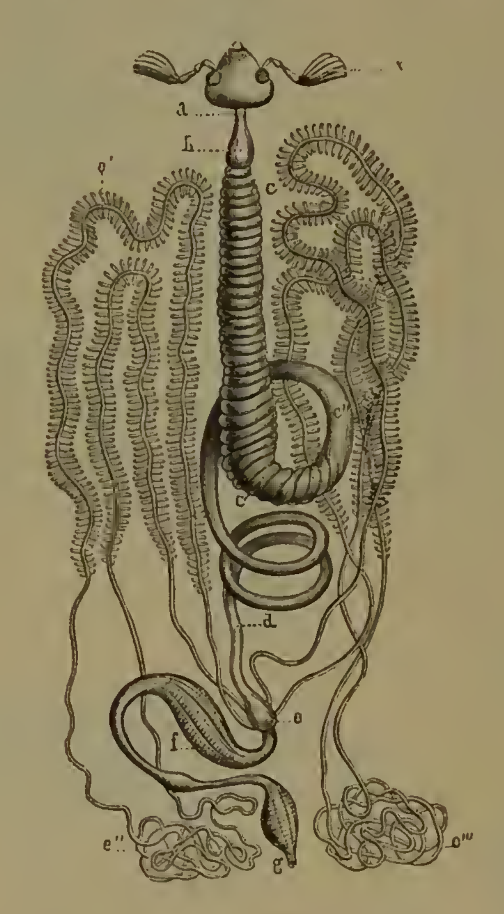


Fig. 370. — Tube digestif du Hanneton.

x, antennes ; *a*, œsophage ; *b*, jabot ; *cc'*, estomac ; *d*, intestin grêle ; *e*, *e'*, *e''*, *e'''*, tubes de Malpighi ; *f*, gros intestin ; *g*, anus.

ventricule chylifique (*c'*). Chez les insectes *broyeurs*, le gésier montre, comme chez les oiseaux, des parois musculaires épaisses et sa surface intérieure est revêtue de dents chitineuses ; le ventricule chylifique, au contraire, présente des glandes servant à élaborer des liquides digestifs et à opérer la chylification des aliments. Chez l'abeille, on n'observe qu'un jabot (*e*) et qu'un ventricule chylifique (*h*) ; chez la courtilière, le gésier (*f*), placé entre le jabot (*e*) et le

ventricule chylifique (*g* et *h*), est dilaté en deux lobes. A la limite du ventricule chylifique et de l'intestin aboutissent des tubes filiformes (*k*, *k*), décrits par Malpighi : d'où le nom de *tubes de Malpighi* : ce sont des organes sécréteurs, qu'on a comparés à des organes biliaires ou urinaires.

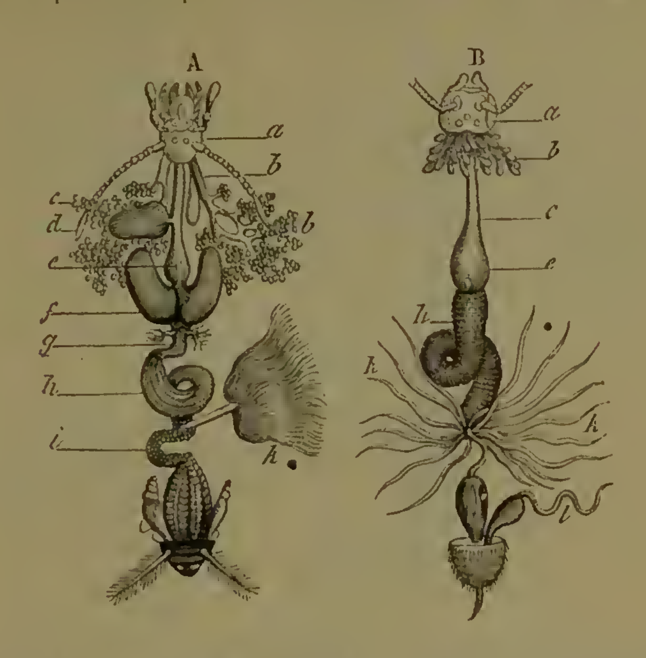


Fig. 571 et 572. — A, appareil digestif de la Courtilière ; B, appareil digestif de l'Abeille.

a, tête ; *b*, glandes salivaires ; *c*, œsophage ; *e*, *f*, *g* et *h*, région stomacale du tube digestif ; *k*, tubes de Malpighi ; *i*, intestin ; *l*, glande anale.

Enfin vient l'intestin (*f*), à la partie terminale duquel débouchent souvent des glandes anales (*l*).

CIRCULATION. — Le sang, incolore ou jaunâtre, n'est formé que d'un plasma renfermant des globules blancs ; il est mis en mouvement par un vaisseau (*a*), situé du côté du dos et divisé en une série de chambres, qui se contractent d'arrière en avant. Parvenu près de la tête, le sang circule dans les lacunes ou interstices des organes (*b*) et rentre par des orifices latéraux dans le *vaisseau* dorsal (fig. 573).

RESPIRATION. — L'air pénètre dans le corps par des ouvertures appelées *stigmates* (*x*) (*stigma*, point noir), qui sont placées sur l'abdomen (fig. 574). De là il passe dans des canaux nommés *trachées*, que des parois rigides maintiennent béantes. Les trachées se ramifient dans tous les organes et présentent souvent des dilatations rappelant les sacs aériens des oiseaux. Cette disposition montre que l'air va au-devant du sang chez les insectes.

SYSTÈME NERVEUX. — Le système nerveux (fig. 575) se compose : 1° d'une masse logée dans la tête (*ganglion sus-œsophagien* ou *cérébroïde*), sur la

face dorsale du tube digestif et 2° d'une série de ganglions en rapport avec la face ventrale du tube digestif et constituant une chaîne ventrale ou sous-intestinale. Chaque ganglion présente deux moitiés latérales, souvent soudées ; il est uni au précédent et au suivant par un double filet nerveux ; celui qui relie le ganglion sus-œsophagien au premier ganglion sous-œsophagien embrasse l'œsophage et forme le collier œsophagien.

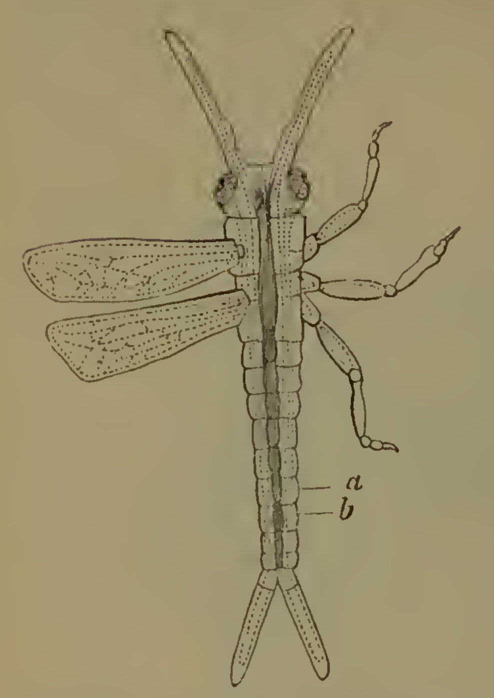


Fig. 575. — Organes circulatoires d'un insecte.
a, vaisseau dorsal ; *b*, courants du sang dans le corps.

Le ganglion sus-œsophagien fournit des nerfs aux yeux, aux antennes, etc.

Les ganglions de la chaîne ventrale donnent, d'avant en arrière, des nerfs qui se distribuent aux organes de la bouche, aux pattes, aux anneaux de l'abdomen et aux viscères.

Outre ce système nerveux, qui obéit à la volonté, il existe chez les insectes, de même que chez les autres articulés, des ganglions qui agissent indépendamment de la volonté. Les nerfs qui en partent se rendent à la bouche

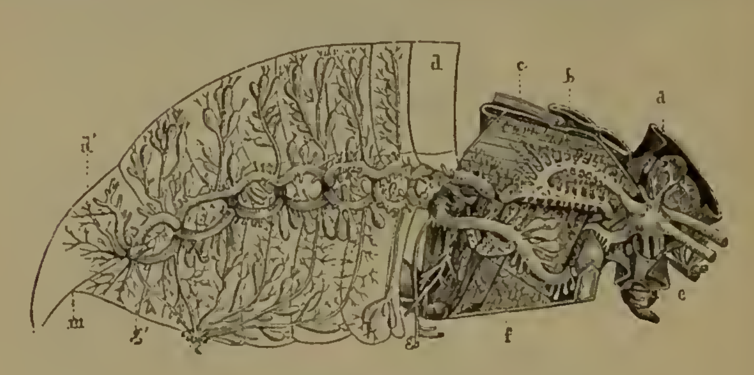


Fig. 574. — Trachées du Hanneton.

a, *b*, *c*, trachées du thorax ; *d*, *d'*, parois de l'abdomen relevées pour montrer les trachées *g*, *g'* ; *e*, base de la première patte droite ; *f*, muscles ; *m*, anus ; *x*, un stigmate.

à l'œsophage, à l'estomac, etc. : d'où le nom de *stomato-gastrique* donné à cette portion du système nerveux, qui semble répondre au sympathique des

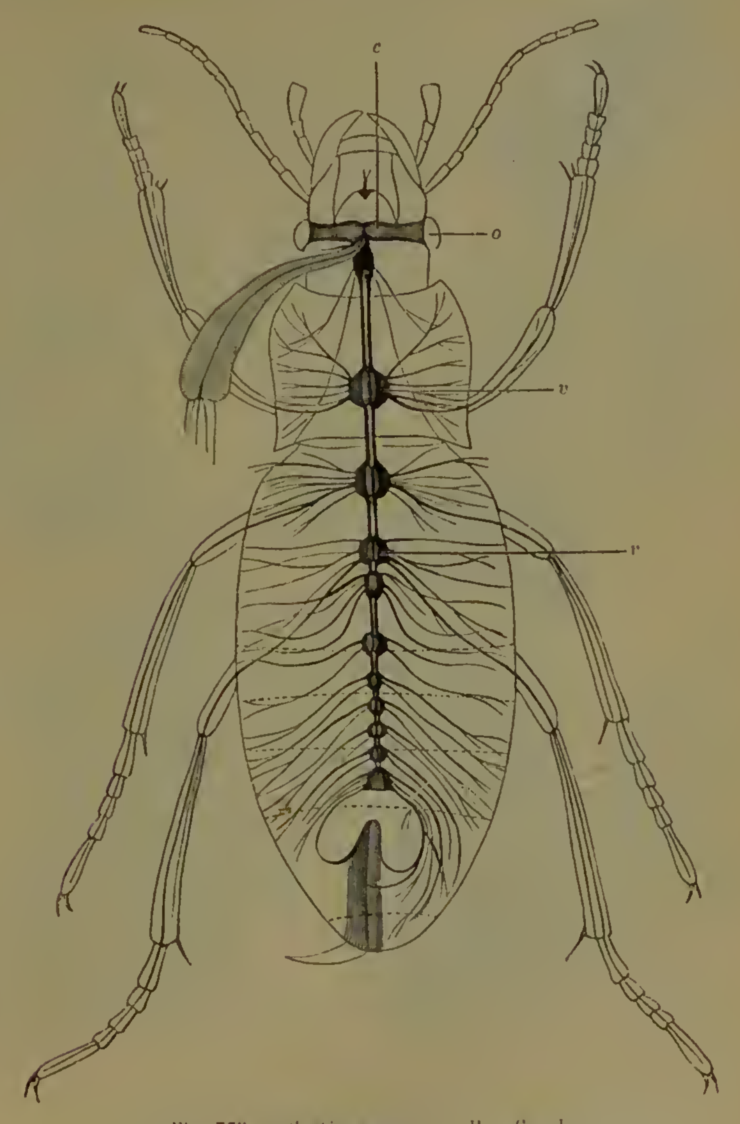


Fig. 375. — Système nerveux d'un Carabe.

c, ganglion cérébroïde; *o*, œil; *v*, ganglions de la chaîne ventrale.

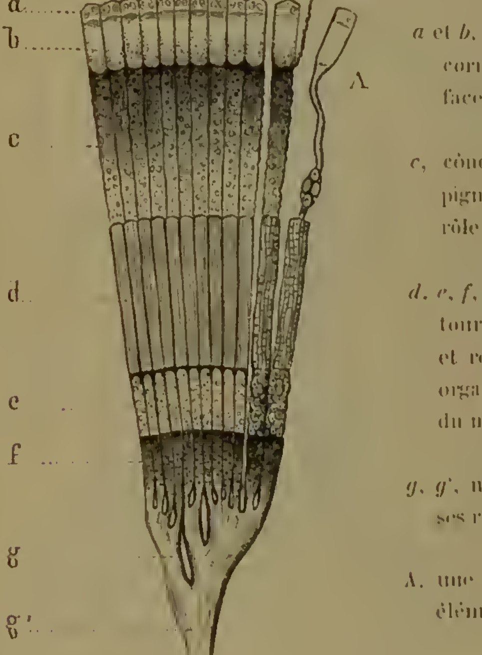
vertébrés. Le stomato-gastrique naît, par des commissures, du ganglion cérébroïde

ORGANES DES SENS. — L'organe de la vue est constitué par des yeux simples, *ocelles* (*ocellus*, petit œil) ou *stemmates* (*stemma*, guirlande), et par des yeux composés ou *à facettes*. Les ocelles sont situés sur le sommet de la tête des insectes et formés par : 1° un corps convexe, superficiel et réfringent, jouant le rôle de cornée; 2° une formation cristallinienne ; 3° des cellules allongées (correspondant aux bâtonnets de la rétine des vertèbrés) et dont le bout profond se continue avec les fibres du nerf optique.



Fig. 376. — Œil à facettes d'un insecte.

Les *yeux à facettes* sont situés sur le côté de la tête (fig. 375 *o*, et 376); ils figurent une mosaique admirable ou les mailles d'un réseau. En faisant une section à travers l'un de ces yeux composés (fig. 377), on constate que chaque facette présente de la surface vers la profondeur: 1° un corps convexe et réfringent (*a*) faisant fonction de cornée; de petites *lentilles* (*b*) qui font office de cristallins; 2° des *cônes* (*c*), qui leur



a et *b*, petites cornées correspondant aux facettes.

c, cônes entourés de pigment et jouant le rôle de corps vitrés.

d, *e*, *f*, bâtonnets entourés de pigment et représentant les organes terminaux du nerf optique.

g, *g'*, nerf optique et ses ramifications.

A, une rangée de ces éléments isolés.

Fig. 377. — Coupe à travers l'œil d'un insecte (très grossi).

font suite, qui sont entourés d'une gaine de pigment et qui jouent le rôle de corps vitrés; 3° des *bâtonnets* (*d*, *e*, *f*), également enveloppés de pigment et qui représentent les organes terminaux du nerf optique; 4° des filaments

nerveux (g, g') qui partent d'un ganglion optique et qui vont se mettre en relation avec les bâtonnets.

L'organe de l'olfaction siège, je le rappelle, dans les antennes, qui servent également au toucher. L'odorat est très développé : on sait avec quelle rapidité les corps odorants et sucrés attirent les mouches et les guêpes.

L'organe de l'ouïe n'est pas bien connu : mais chez quelques insectes il paraît siéger dans les articles des pattes qui reçoivent des terminaisons nerveuses spéciales.

MÉTAMORPHOSES. — L'œuf des insectes se segmente et les cellules qui en



Fig. 578. — C et D, larve de Hanneton vue de profil et en dessus ; A et B, nymphe ; E, Hanneton adulte.

résultent se disposent de façon à former le corps de l'embryon. Celui-ci quitte l'œuf de bonne heure et diffère notamment (comme le montre la fig. 578 qui se rapporte au hanneton) de l'insecte adulte ou parfait. On donne le nom de

larve au jeune insecte qui sort de l'œuf. La larve du hanneton, dite *Ver blanc*, ressemble à un ver dont les anneaux thoraciques sont pourvus de trois paires de pattes. Le ver blanc vit pendant trois ans sous terre, et, à l'aide de ses robustes mâchoires, il ronge les racines des plantes. Dans la quatrième année il devient immobile, et se renferme dans une enveloppe : on donne à cet état le nom de *nymphe*, ou *chrysalide* (*chrysos*, or). Vers la fin du quatrième été, la peau se fend, et il en sort un insecte pourvu d'ailes. Au printemps suivant il s'envole sur les arbres, et en dévore les feuilles, à l'état d'*insecte parfait*.



Fig. 579. — Grand Paon de nuit et sa chenille vivant sur le pommier

Ainsi, le hanneton mange les racines à l'état jeune et les feuilles quand il est adulte.

On donne à ces changements successifs du même être le nom de *métamorphoses* (voir p. 452).

La plupart des insectes sont sujets à des mues semblables. Certaines chenilles, avant de devenir nymphes ou chrysalides, s'enveloppent d'une substance soyeuse qu'elles sécrètent au moyen d'une glande et qui, durcissant à l'air, s'appelle *cocon* (*ver à soie*).

Tous les insectes ne présentent pas les mêmes formes à ces divers stades. La larve des mouches (*asticot*) manque de pattes. D'autres enfin, telles que les larves de sauterelles, ne diffèrent des insectes parfaits que par l'absence d'ailes. Leur développement est le même que celui des autres insectes, mais ils subissent la plupart de leurs transformations pendant qu'ils sont contenus dans l'œuf.

CLASSIFICATION DES INSECTES. — Le nombre des espèces d'insectes s'élève à plus de quatre cent mille. Les insectes diffèrent entre eux par les métamorphoses plus ou moins complètes qu'ils subissent au sortir de l'œuf, par leur régime, leur armature buccale et par la structure de leurs ailes.

Les papillons sont munis de mâchoires allongées et disposées chacune en un demi-canal, qui, en se juxtaposant à sa congénère, forme une *trompe*, recourbée

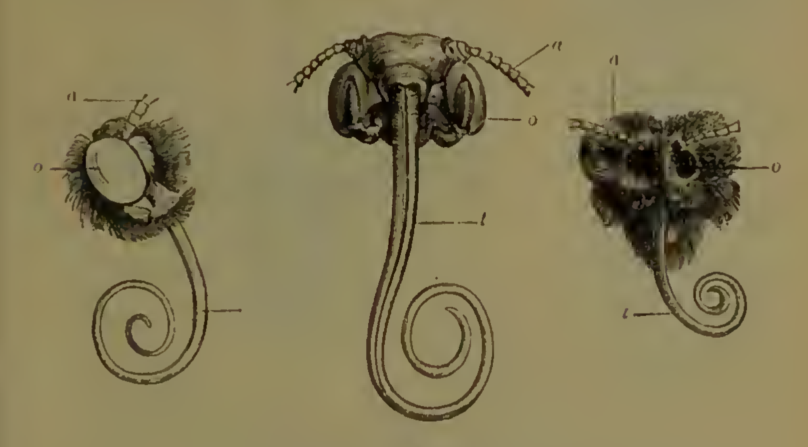


Fig. 380. — Têtes de Papillons.

a, antennes; *o*, œil; *t*, trompe formée par l'allongement des mâchoires.

à l'état de repos, mais apte à s'étendre. De cette façon, ils peuvent l'introduire dans la corolle des fleurs et y puiser le nectar. Leurs ailes sont recouvertes d'une poussière composée d'écailles : de là le nom de **Lépidoptères** (*lépis*, écailles : *ptéron*, aile) donné à ce groupe ou ordre d'insectes (fig. 380). Ils présentent des métamorphoses complètes.

Les mouches, comme la mouche domestique, le cousin, etc., ont les appendices buccaux disposés en une trompe munie d'un stylet aigu pour perforer (fig. 381); leurs ailes antérieures sont des lames membraneuses servant au vol, tandis que les ailes postérieures ne sont que des tigelles boutonnées, appelées *balanciers*; elles forment le groupe des **Diptères** (*dis*, deux). Les diptères passent par des métamorphoses complètes.



Fig. 381. — Trompe de Mouche.

Les punaises, les pucerons, les cigales sont des insectes présentant encore une trompe avec des pièces propres à perforer les téguments des animaux ou des végétaux dont ils sucent les humeurs. Leurs ailes antérieures sont dures, demi-cornées à leur base, tandis que le reste est membraneux. On leur donne le nom d'**Hémiptères** (*hémi*, demi). Le *phylloxera*, gros à peine d'un millimètre, est une espèce de puceron : soutirant par milliers les sucs à la vigne, il finit par épuiser et faire périr la plante.

C'est à côté des hémiptères, parasites des végétaux, qu'il faut placer les insectes qui sont dépourvues d'ailes, et qui forment les différentes espèces de

poux vivant en parasites sur les mammifères et les oiseaux, Ils ont une trompe articulée, formée par les pièces buccales et disposée pour piquer et sucer. Ils forment le groupe des insectes *parasites* ou *aptères* (*a*, privatif).

Les hémiptères et les aptères sont souvent réunis dans le groupe des **Rhyn**

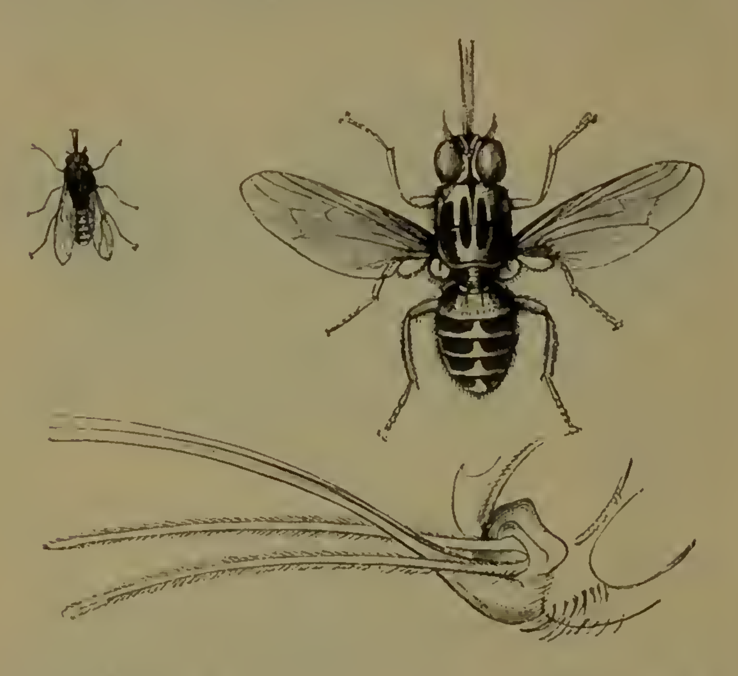


Fig. 382. — Mouche tsé-tsé (grandeur naturelle et grossie); bouche de la même; cette mouche vit au centre de l'Afrique, et sa piqûre est mortelle pour le bœuf.

chotes (*rhynx*, bec). Les uns et les autres passent par des métamorphoses incomplètes.

Les abeilles, les guêpes, les bourdons, les fourmis ont des mandibules disposées pour broyer. Quant aux mâchoires, elles ont pris, chez les abeilles par exemple, la forme de grandes lames membraneuses; la lèvre inférieure s'est allongée en une languette tubuleuse dont le bout est renflé. Elle est recouverte, de plus, par les palpes des mâchoires et constitue une sorte de trompe servant à puiser les sucs. Ces insectes présentent quatre ailes membraneuses, transparentes, et parcourues par des nervures largement espacées. Ils constituent l'ordre des **Hyménoptères** (*hymen*, membrane), qui subissent des métamorphose complètes.



Fig. 383. — Larve et nymphe de Cigale.

Chez les hyménoptères, et en particulier les abeilles, on observe une division du travail remarquable : dans la population d'une ruche, il existe : 1° une femelle, ou *reine*, pondant les œufs ; 2° 200 mâles, ou *faux-bourdons* ; 3° 30 000 *ouvrières*. Les ouvrières (fig. 385) se distinguent par leur taille svelte. Parmi les ouvrières, les unes recueillent le pollen des fleurs, à l'aide des poils soyeux (brosses) qui garnissent leurs pattes ; elles puisent le suc des fleurs, qu'elles emmagasinent dans leur jabot et qu'elles dégorgent de retour au logis. Pollen et suc des fleurs constituent le *miel*, qui est une réserve nutritive pour la mauvaise saison ou servant d'aliment aux larves.



Fig. 384. — Cigale commune vue en dessous.

D'autres ouvrières soignent les larves ; d'autres encore construisent les gâteaux avec la *cire*, substance jaunâtre et molle que sécrètent certaines glandes de l'abdomen. Celles-ci laissent suinter la cire en petites lamelles entre les anneaux du corps. Recueillies à l'aide des pattes, puis saisies par les mandibules, ces lamelles sont pétries et étirées en courts rubans, qui servent à la construction des gâteaux.

Les cerfs-volants ou lucanes, les hannetons, les cétoines, les dytiques, les carabes ont des ailes antérieures qui sont des lames dures, épaisses et opaques, appelées *élytres* (*élytron*, enveloppe en forme d'étui). Ceux-ci recouvrent les ailes postérieures, membraneuses, pliées en dessous des premières et seules propres au vol. A raison de cette



Fig. 385.

A. Abeille ouvrière. *B*. Abeille reine. *C*. Abeille mâle.

conformation, ces insectes forment l'ordre des **Coléoptères** (*coléos*, étui). Ces insectes ont les pièces buccales disposées pour broyer et subissent des métamorphoses complètes.

Les grillons, les courtilières (fig. 387), les sauterelles, les criquets, les mantes, les blattes, les perce-oreilles, ont des ailes antérieures étroites et dures, les ailes postérieures larges et membraneuses, et pouvant se replier en éventail. Ce dernier caractère a fait donner au groupe le nom d'**Orthoptères** (*orthos*, droit). Ils présentent des métamorphoses incomplètes.

Les termites, ou fourmis blanches des pays chauds, les libellules, les éphémères ont quatre ailes membraneuses, qui sont parcourues de nervures formant



Fig. 386. — Cerfs-volants mâle et femelle ; nymphe d'une femelle et larve.

par leurs ramifications un réseau serré. On les appelle pour ce motif, des **Névroptères** (*neuron*, corde, nervure). Les phryganes, les fourmis-lions (fig. 388),

les panorpes s'en rapprochent par la conformation de leurs ailes, mais, au lieu

Fig. 587. — Courtilière au vol.



Fig. 588. — Fourmi-lion.

de métamorphoses incomplètes comme les premiers, ils passent par des métamorphoses complètes.

Le tableau suivant résume le groupement des insectes :

			Ordres.
Insectes dont les pièces buccales servent à la succion.	Trompe, 4 ailes écailleuses.		*Lépidoptères.*
	Trompe avec stylets servant à perforer	2 ailes membraneuses.	*Diptères.*
		4 ailes dont 2 demi-membraneuses.	*Hémiptères.*
Insectes dont les pièces buccales sont disposées pour broyer.	4 ailes membraneuses.		*Hyménoptères.*
	2 élytres.	2 ailes membraneuses.	*Coléoptères.*
		2 ailes membraneuses, pliées en long.	*Orthoptères.*
	4 ailes membraneuses avec nervures ramifiées.		*Névroptères.*

2° **Myriopodes.** — Ce sont des articulés qui se distinguent des insectes par le grand nombre de pattes articulées et l'absence d'ailes. Ils sont beaucoup

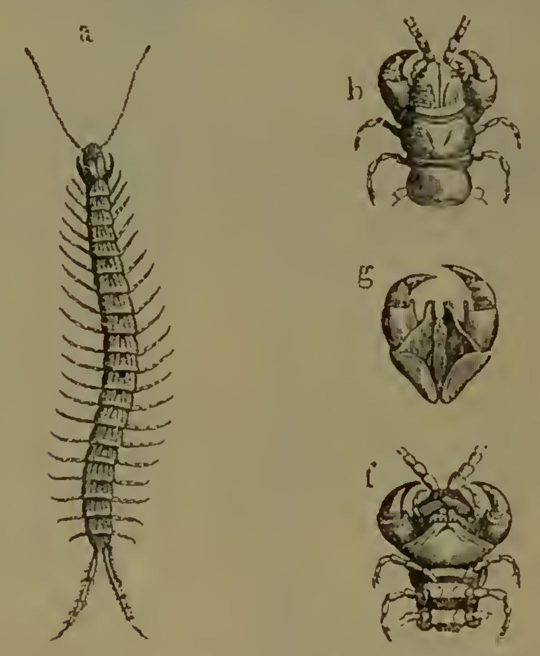


Fig. 589. — *a*, Mille-pieds (scolopendre); *b*, sa tête vue en dessus *f*, sa tête vue en dessous; *g*, ses crochets venimeux.

moins nombreux. Dans nos contrées le plus commun est le *Iule terrestre*, qui vit sous les pierres et s'enroule sur lui-même au moindre bruit. Il est long de 3 à 4 centimètres et chaque segment formé par la soudure de deux anneaux porte deux paires de pattes (100 à 150 pattes en tout).

Dans les pays chauds, on trouve les *scolopendres* (fig. 389), dont chaque anneau ne porte qu'une paire de pattes. Leurs mâchoires possèdent des crochets venimeux, qui sont en relation avec une glande à venin. Leur morsure est très venimeuse et redoutée.



Fig. 390. — Télyphone.

c, chélicères; *m*, pattes-mâchoires; *p'*, paire de pattes tactiles; *p*, pattes ambulatoires; *t*, céphalo-thorax; *a*, abdomen; *q*, queue ou post-abdomen.

3° **Arachnides.** — Les araignées ont un céphalothorax séparé de l'abdomen par un étranglement. Elles forment l'ordre des *Aranéides* (*aranea*, araignée).

On trouve dans les régions tropicales des animaux voisins, chez lesquels (phrynes de l'Amérique du Sud et télyphones de Java) l'abdomen se continue par un prolongement appelé queue ou *post-abdomen* (*post*, après) (fig. 390).

Ensuite, les scorpions ont non seulement un abdomen allongé, mais encore un post-abdomen formé de six anneaux (fig. 391).

Enfin, les mites du fromage, le sarcopte de la gale, etc., ont un corps ramassé, où les articles sont soudés et peu distincts; ils forment l'ordre des *Acariens* (*acari*, sortes de petits insectes).

CONFORMATION. — La tête des divers arachnides (fig. 390 et 393) ne porte que deux paires d'appendices : la première paire (*c*) est terminée par une pince (scorpions, acariens) ou par un crochet en forme de griffe (araignées); on appelle ces appendices des *chélicères* (*chêlê*, pince; *kéras*, corne). La seconde paire d'appendices constitue les *pattes-mâchoires*, qui portent un *palpe maxillaire* conformé en manière de pinces (scorpion) ou terminé simplement par un crochet (araignées). Les chélicères sont situés, non pas à côté, mais au-dessus de la bouche et ils reçoivent des filets nerveux du ganglion cérébroïde, comme les antennes des insectes dont ils sont les homologues.



Fig. 391. — Scorpion tunisien.

Le thorax présente partout quatre paires de pattes ambulatoires.

TUBE DIGESTIF. — Le tube digestif (fig. 592, A, *b*) s'étend sous la forme d'un canal presque rectiligne de la bouche à l'anus. Ce dernier est situé chez le scorpion près du bout du post-abdomen (*b'*); il se trouve chez le télyphone à la base du post-abdomen; chez les araignées, il aboutit au bout de l'abdomen. En général, le canal alimentaire présente des dépressions ou diverticules latéraux.

CIRCULATION. — L'appareil circulatoire se compose d'un vaisseau dorsal (fig. 592), *a*, *a*), et d'artères qui en partent de chaque côté.

RESPIRATION. — Les organes de la respiration sont représentés, chez le scorpion, par des sacs creux (fig. 592, *d*, *d*), appelés *poumons*; mais ce sont des dépendances de la peau et non point du tube digestif, et leur constitution diffère des poumons des vertébrés; ils sont, en effet, formés d'une série de lamelles placées les unes à côté des autres comme les feuillets d'un livre; les espaces intermédiaires reçoivent l'air, qui arrive par des stigmates dans les

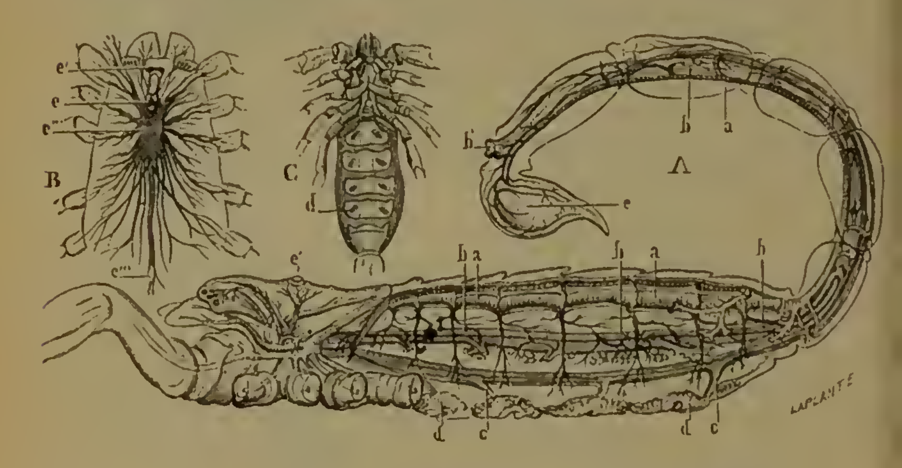


Fig. 592. — Organisation du Scorpion.

A, *a*, vaisseau dorsal et artères qui en partent; *b*, tube digestif; *b'*, anus; *c*, chaîne nerveuse; *d*, orifices pulmonaires; *e*, crochet venimeux; *e'*, yeux. — B, système nerveux isolé; *e*, *e''*, cerveau; *e'''*, chaîne nerveuse. — C, Scorpion vu en dessus pour montrer les orifices pulmonaires (*d*).

sacs et se répand de là dans les trachées. Les araignées possèdent au moins une paire de sacs semblables, mais chez la plupart d'entre elles il existe encore des trachées.

SYSTÈME NERVEUX. — Le système nerveux figure une chaîne ventrale reliée au ganglion cérébroïde par un collier œsophagien (fig. 592, *c c*). La chaîne ventrale est allongée chez les scorpions et les télyphones; elle est formée d'une masse raccourcie chez les araignées. Le ganglion cérébroïde fournit les filets nerveux qui vont aux chélicères et aux yeux. Le système stomato-gastrique existe chez les scorpions et les araignées (fig. 592, *é*).

Les yeux sont représentés par des ocelles au nombre de 2 à 12 (fig. 592 et 595). On ne connaît pas les organes auditifs. Les appendices du céphalothorax jouent le rôle d'organes du tact.

Les arachnides sont pourvues d'un appareil venimeux qui leur sert à se défendre ou à tuer leur proie; la glande à venin est située chez le scorpion au bout de la queue, qui porte un aiguillon propre à piquer et à déverser le venin

dans la plaie. La glande à venin est annexée chez les araignées aux chélicères, qui servent à mordre et à déverser le liquide venimeux dans la blessure faite



c, première paire d'appendices (chélicères);

m, deuxième paire d'appendices (palpes ou pattes-mâchoires);

p, les quatre paires de pattes;

y, les yeux.

Fig. 593. — Partie antérieure (céphalo-thorax) du corps d'un Faucheur.

aux mouches ou aux autres insectes qui viennent se jeter dans leurs filets

L'appareil, qui permet aux araignées de tisser leurs toiles, se compose: 1° d'*organes sécréteurs*; 2° de *filières*; 3° de *griffes* terminant leurs pattes.

Les *glandes de la soie* sont situées dans la partie postérieure de l'abdomen, au nombre de plusieurs centaines; chacune est pourvue d'un canal excréteur distinct, qui débouche dans les orifices de 4 à 6 mamelons, les *filières*, placées à côté de l'anus. A mesure que le produit sécrété, qui est très visqueux, sort de la filière, l'araignée l'étire à l'aide des griffes de ses pattes, l'étend et tisse la toile. Au contact de l'air, le produit de sécrétion durcit rapidement et la toile conserve la forme si variée que les araignées lui donnent. D'autres espèces se servent de la soie ainsi produite pour faire des sacs, des tubes ou pour tapisser leur domicile

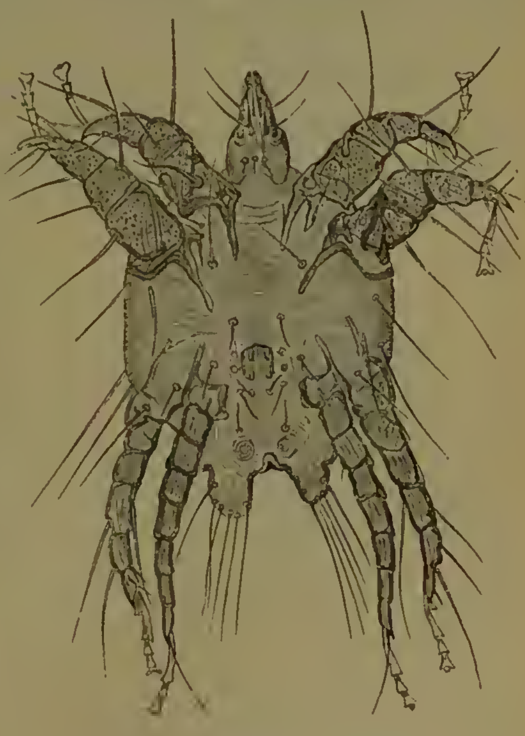


Fig. 594. — Sarcopte de la gale.

Les **Acariens** vivent la plupart en parasites sur les végétaux ou les animaux. On les appelle *mites*. Leurs chélicères sont en forme de pinces et leurs mâ-

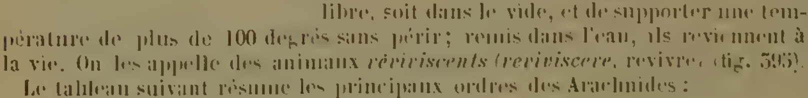
choires représentent des stylets propres à perforer les téguments de leurs hôtes. Il convient de citer les *gamasides*, qu'on trouve sur les oiseaux et les mammifères, et les *sarcoptes*, qui produisent la maladie de la gale (fig. 394).[1]

Le corps des acariens ne présente plus d'anneaux distincts : la tête, le thorax et l'abdomen sont confondus en une petite masse commune ; mais, outre les pièces buccales, il existe toujours quatre paires de pattes, souvent munies de soies rigides ou de ventouses pédiculées, comme en montre le sarcopte de la gale (fig. 394).

Le tube digestif est complet ; mais un unique ganglion représente tout le système nerveux central. Bien que les trachées fassent défaut, le sarcopte a besoin d'oxygène et il se tient blotti dans les sillons superficiels qu'il a creusés dans l'épiderme de l'homme ou des autres mammifères. Les bains sulfureux en ont facilement raison.

Fig. 395. — Tardigrade.

A côté des acariens il faut placer les **Tardigrades** (*tardus*, lent ; *gradi*, marcher), animaux microscopiques qui vivent dans les mousses des toits et qui doivent leur nom à la lenteur de leurs mouvements. Ces êtres jouissent de la faculté de pouvoir être desséchés, soit à l'air libre, soit dans le vide, et de supporter une température de plus de 100 degrés sans périr ; remis dans l'eau, ils reviennent à la vie. On les appelle des animaux *réviviscents* (*reviviscere*, revivre) (fig. 395).



Le tableau suivant résume les principaux ordres des Arachnides :

		Ordres.
Abdomen allongé et formé d'anneaux distincts.	Post-abdomen muni d'un crochet venimeux.	*Scorpions.*
Abdomen court et sans anneaux distincts.	Une ou deux paires de poumons.	*Araignées.*
	Trachées.	*Acariens.*

4° **Crustacés.** — Le type des crustacés est représenté par l'écrevisse, le homard, la langouste. La tête et le thorax sont recouverts par une enveloppe, la *carapace* ; la tête porte, outre les yeux, supportés par des pédoncules, deux paires d'appendices articulés, les *antennes* ; la bouche est garnie de tous côtés par une série d'appendices constituant les lèvres, les mâchoires et les pattes-mâchoires. Le thorax supporte cinq paires de pattes servant à la progression ; tout ce groupe a reçu, pour ce motif, le nom de **Décapodes** (*déca*, dix). L'abdomen lui-même est pourvu d'appendices, servant, chez la femelle, à porter les œufs (fig. 396).

Les membres des crustacés se composent, comme chez les autres articulés, d'une série de pièces ou *articles* mis bout à bout.

Les modifications les plus remarquables que présentent les membres sont celles des pièces buccales : outre la lèvre supérieure, l'écrevisse possède une paire de *mandibules* formées, comme chez les insectes, d'une lame très forte, dont le bord est garni de saillies ou dents. Les mandibules supportent en outre un appendice articulé, ou *palpe maxillaire*. Elles sont suivies de deux paires de *mâchoires* proprement dites, également munies de palpes. Enfin viennent trois paires de mâchoires accessoires qui ressemblent aux pattes ambulatoires ; on les appelle les *pattes-mâchoires*, servant à la fois à la préhension des aliments, à la mastication et à la respiration.

Chez les crustacés parasites, les pièces buccales se transforment comme chez les insectes suceurs : la lèvre supérieure et les mâchoires s'allongent pour former une trompe servant à la succion, pendant que les mandibules deviennent des stylets aigus, propres à perforer, et les pattes-mâchoires des organes de fixation.

TUBE DIGESTIF. — Le tube digestif (fig. 597) commence par un œsophage large et court, qui fait suite à la bouche et qui se voit entre *m* et *m'* sur la figure. L'œsophage est suivi par l'estomac (*e*); celui-ci est une large poche contenant des pièces calcaires et chitineuses. La chitine (*chiton*, tunique) est la substance organique qui existe dans l'enveloppe cutanée de tous les articulés. Les pièces dures de l'estomac constituent le *moulin gastrique*, qui sert à triturer les substances alimentaires. Deux paires de muscles, l'une antérieure, *m*, l'autre postérieure, *m'*, mettent ces pièces en mouvement.

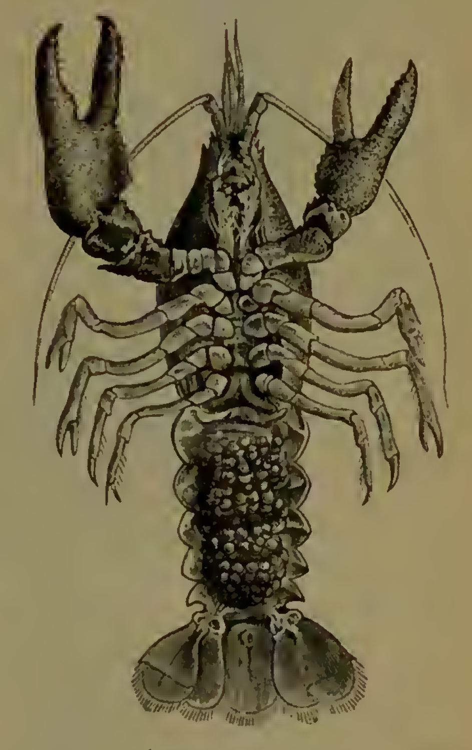


Fig 596. — Écrevisse femelle vue en dessous.

Au printemps, on trouve dans l'estomac de l'écrevisse deux petites masses formées de phosphates et de carbonates de chaux ; après la mue, ces sels sont digérés, absorbés et fournissent les matériaux de la carapace.

A l'estomac succède un intestin rectiligne (*f*) se terminant par l'anus. De nombreux lobes hépatiques (*f*) vont s'ouvrir dans le canal alimentaire.

CIRCULATION. — L'appareil de la circulation est composé d'un organe contractile (fig. 588 et 599, *c*), le cœur, situé à la partie dorsale et postérieure du céphalothorax et envoyant le sang vers la tête par des artères antérieures (*aa*) et vers la queue par des artères postérieures (*e* et *ap*). De là le sang se répand dans les organes ; il se dirige ensuite dans une dilatation située à la base des organes de la respiration. Après avoir traversé ceux-ci, le sang est ramené par des canaux particuliers dans un sinus qui enveloppe le cœur.

RESPIRATION. — Les organes respiratoires sont des branchies situées sur les côtés du céphalothorax dans une cavité formée par les parties latérales de la carapace. Ce sont des appendices de la base des pattes et ils ont la forme d'organes arborescents (fig. 599 et 400). Elles sont parcourues par le sang et baignent dans l'eau. Elles sont placées dans une cavité branchiale, dans laquelle l'eau pénètre par une fente ou un orifice antérieur et d'où elle sort par l'extrémité postérieure. Ce sont les mouvements d'une lamelle ou plaque dépendant de la deuxième patte-mâchoire qui règlent l'entrée et la sortie de l'eau.

Après avoir passé par le corps, le sang se rassemble en *gg* à la base des branchies, puis il parcourt ces organes, s'y oxygène et ensuite est ramené au cœur



Fig. 597. — Tube digestif de l'Écrevisse.

c, estomac; *m*, *m'*, muscles; *f*, foie; *i*, intestin; *a*, anus.

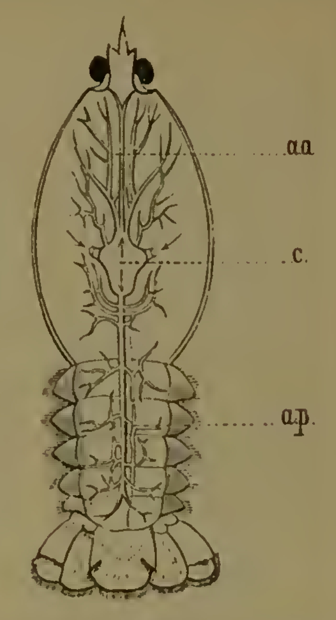


Fig. 598. — Appareil circuloire de l'Écrevisse (vu de dos).

aa, aorte antérieure; *c*, cœur; *ap*, aorte postérieure.

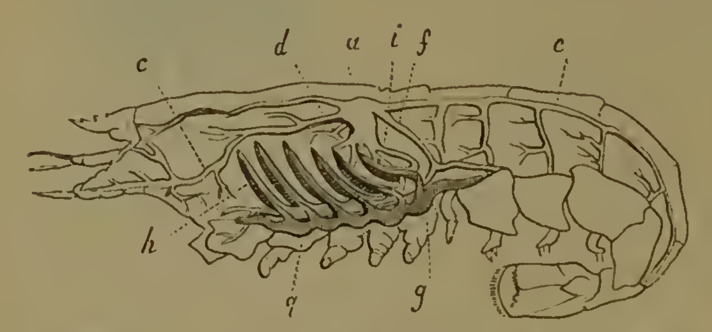


Fig. 599. — Appareil circulatoire et respiratoire de l'Écrevisse.

a, cœur; *h*, branchies; *cd*, vaisseaux allant du cœur vers la tête; *ef*, vaisseaux allant du cœur vers la queue; *gg*, vaisseaux rapportant le sang non oxygéné aux branchies; *i*, vaisseaux ramenant le sang oxygéné des branchies au cœur.

par des vaisseaux spéciaux, les *veines branchiales* (fig. 579, *i*). Le cœur est placé sur le trajet du sang oxygéné, qu'il refoule par ses contractions dans les organes.

Les crustacés sont loin de posséder tous un appareil respiratoire semblable : il y en a où les lamelles branchiales se trouvent flottantes sur les pattes ambulatoires ; d'autres portent de simples filaments ou lanières ; d'autres encore, tels que les lernées (fig. 585) n'ont pas d'organe spécial et la respiration se fait chez eux par toutes les parties du corps.

SYSTÈME NERVEUX. — Le système nerveux figure, comme chez les autres articulés, une chaîne ventrale (fig. 580) composée d'une suite de ganglions

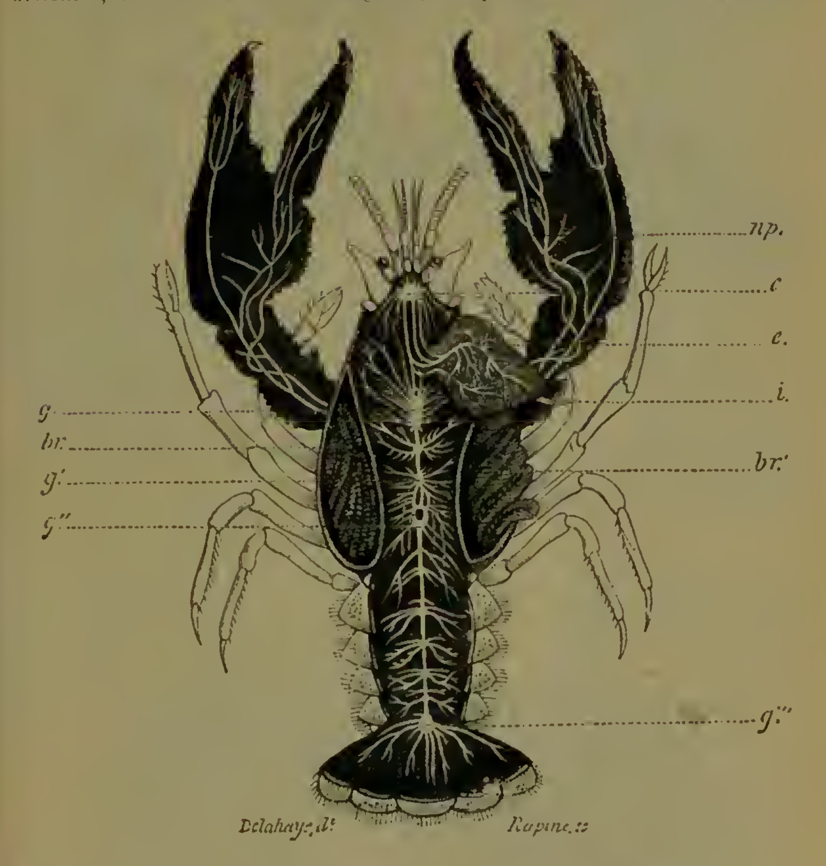


Fig. 400. — Système nerveux de l'Écrevisse.

c, cerveau ; *np*, nerfs des pinces ; *br*, *br'*, branchies ; *e*, estomac ; *g*, *g'*, *g''*, *g'''*, ganglions ventraux.

g, *g'*, *g''*, *g'''*) et reliée au ganglion cérébroïde (*c*) par un collier œsophagien. Tel est le système nerveux des crustacés à corps allongé. Chez ceux où le corps est très court, comme chez le crabe (fig. 586, *f*), la chaîne ventrale disparaît ; tous les ganglions sous-œsophagiens se réunissent au-dessous du céphalothorax en une masse nerveuse étoilée. Enfin chez quelques crustacés inférieurs, ganglions cérébroïde et sous-œsophagiens se fusionnent en un amas commun et indivis. J'ajoute que les crustacés supérieurs possèdent un système stomato-gastrique distinct.

On trouve sur l'écrevisse, à la base des antennes, deux *glandes vertes*, constituées par un tube pelotonné; le liquide qu'elles sécrètent contient de la *guanine*, principe de désassimilation qu'on peut comparer à l'urée des vertébrés; il est versé dans une poche qui s'ouvre à la base des antennes. Ces glandes représentent l'appareil urinaire de l'écrevisse.

ORGANES DES SENS. — L'écrevisse, la langouste, le homard ont les yeux composés, portés sur des pédoncules mobiles; de là le nom de *Podophthalmes*, donné à ces crustacés.

Les organes auditifs sont situés à la base des antennes internes; les organes olfactifs sont formés par des filaments en forme de poils.



Fig. 401. — Squille.

Classification des crustacés. — Des crustacés, tels que les mysis, ont de grandes ressemblances avec l'écrevisse: ils ont un céphalothorax et un abdomen très développés, mais les pattes-mâchoires ont beaucoup d'analogie avec les pattes thoraciques et sont constituées les unes et les autres par deux branches. De là le nom de **Schizopodes** (*schizein*, séparer) donné à l'ordre qui comprend les mysis, les euphausia, les lophogaster.

La carapace est plus courte chez les squilles (fig. 401) et ne recouvre plus les derniers anneaux thoraciques. Les pattes antérieures entourent la bouche; il n'existe que trois paires de pattes locomotrices; tous les anneaux de l'addomen sont pourvus chacun d'une paire de pattes servant à nager et munies de lamelles branchiales. Ces animaux forment l'ordre des **Stomatopodes** (*stoma*, bouche), parce que les cinq paires de pattes antérieures sont groupées autour de la bouche et constituent les pattes buccales.

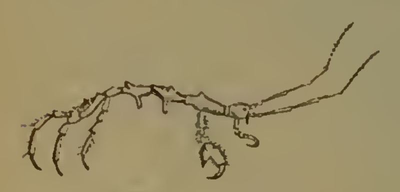


Fig. 402. — Chevrolle.

Les cloportes, les chevrolles (fig. 402), etc., ont la tête suivie de sept anneaux thoraciques séparés et dont chacun porte une paire de pattes locomotrices. L'abdomen est formé de six anneaux. Comme les yeux ne sont plus supportés par des pédoncules, on donne à cet ordre le nom d'**Édriophthalmes** (*edraios*, sessile; *ophthalmos*, œil), en l'opposant au groupe des **Podophthalmes**, constitué par les stomatopodes, les schizopodes et les décapodes.

Il existe, dans les eaux, des quantités considérables d'autres crustacés de petite taille, dont le corps est allongé, annelé et pourvu d'appendices en forme de rames; d'où leur nom de **Copépodes** (*copé*, rame). Les cyclopes à l'œil unique habitent nos eaux douces. D'autres copépodes, libres dans le jeune âge, se fixent plus tard sur les animaux aquatiques et subissent des métamorphoses qui leur donnent la forme de vers. Telle est la lernée ou *achtère*, qu'on trouve sur la perche. La figure 405, *b*, *c*, *d*, montre l'embryon à deux stades différents, alors qu'il est encore contenu dans l'œuf. La figure *d* représente la larve au sortir de l'œuf, au stade de *nauplius*, pourvu de deux paires d'appendices. A mesure que les larves s'allongent (fig. 405, *a*), leur corps se segmente; leurs appendices anté-

rieurs ou antennes deviennent des crochets, et leurs pattes-mâchoires se soudent pour former un organe qui se termine par un bouton ; alors le parasite se fixe

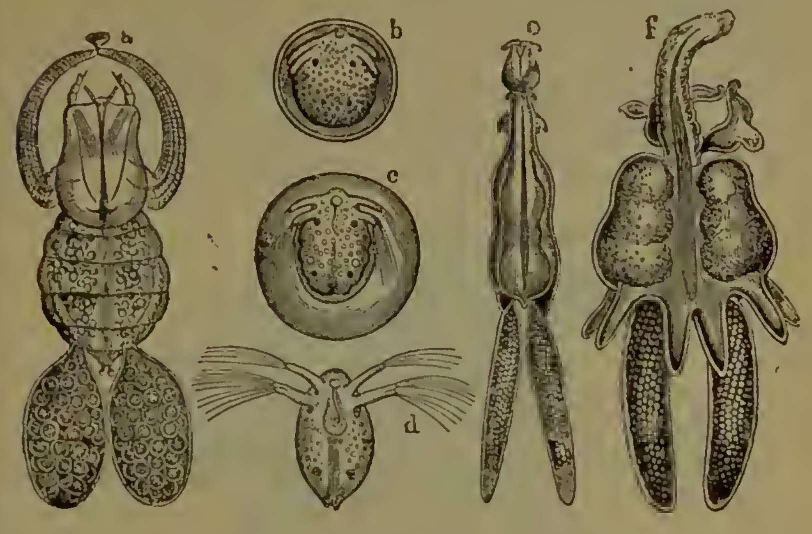


Fig. 103.

a, achthère de la Perche ; *b* et *c*, ses œufs diversement développés ; *d*, son nauplius ; *f*, autre Crustacé parasite (Brachielle) portant deux sacs à œufs.

sur la gorge et les arcs branchiaux de la perche. L'extrémité postérieure du corps porte deux gros sacs remplis d'œufs. Les branchiella, autres lernées parasites, ont leurs pièces buccales transformées en une longue trompe (fig. 403. *f*).



Fig. 104. — Balanes (Coronules).

Enfin, nous avons à dire quelques mots des balanes (fig. 104) et des anatifes (fig. 405).

Les balanes couvrent par millions les rochers de nos côtes et sont connus

sous le nom de *glands de mer*. Les espèces figurées (fig. 404) sont dites *coronules* et sont fixées sur la peau des baleines à longs bras (*mégaptère*). Leur corps est entouré et protégé par des pièces calcaires.

Les *anatifes* ou *pouce-pieds* (fig. 405) ont leur extrémité antérieure étirée en long pédoncule, par lequel ils se fixent sur les objets étrangers. Le corps supporte six paires de pattes simulant un panache et dont chacune a la forme de *cirres* (*cirrus*, touffe de cheveux), qui s'épanouissent dès que les plaques calcaires s'entr'ouvrent. On donne, pour ce motif, le nom de **Cirripèdes** aux balanes et aux anatifes. A l'état adulte, ils ne ressemblent guère à des crustacés. Mais, en suivant leur développement, on voit qu'il sort de l'œuf une larve, sous forme de nauplius, qui mène une vie errante, subit plusieurs mues, et ensuite se



Fig. 405. — Anatifes.

fixe sur un rocher ou un animal marin, à l'aide d'une substance qu'elle sécrète. Enfin la coquille se développe et protège le corps de l'animal.

MUES. — Certains crustacés, tels que l'écrevisse, ont, au sortir de l'œuf, une forme qui se rapproche de celle de l'adulte; mais plus tard, en grandissant, ils se débarrassent à plusieurs reprises de l'enveloppe dure, qui est devenue trop petite pour les contenir; d'abord molle, la peau se sécrète rapidement une autre enveloppe solide. On donne à ces changements de la peau le nom de *mues*. D'autres crustacés, tels que le *crabe*, présentent des transformations plus grandes (fig. 406).

Beaucoup de crustacés subissent, au sortir de l'œuf, des métamorphoses compliquées. La larve du *pénæus*, par exemple, un décapode (fig. 407) ressemblant aux crevettes, est un être (fig. 408) muni de trois paires d'appendices : la première paire est simple, la deuxième est bifurquée et constitue les antennes



Fig. 406. — Métamorphoses du Crabe commun.

a, larve au sortir de l'œuf; *b*, larve ayant pris la forme de *zoé*; *c*, zoé après sa troisième mue; *d*, zoé après une mue ultérieure; *e*, larve plus avancée, munie d'une longue queue; *f*, larve approchant de l'état adulte et ayant déjà la queue repliée sous le ventre.

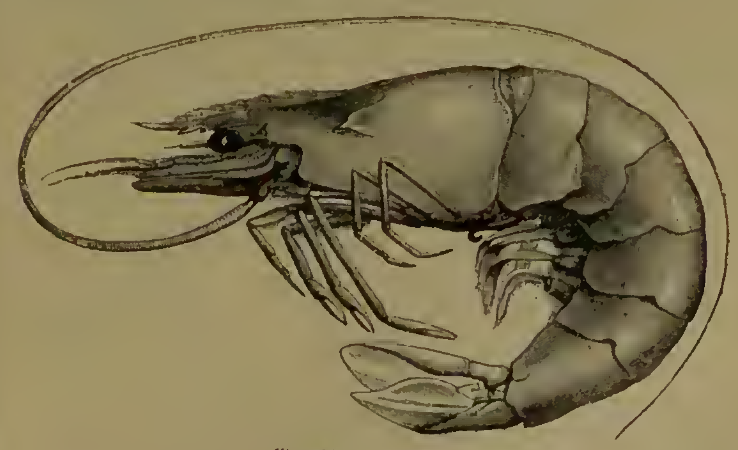


Fig. 407. — Pénaeus.

postérieures; la troisième est également bifurquée et forme les mandibules. On donne à cette larve piriforme le nom de *nauplius*. Celui-ci subit plusieurs

mues; son abdomen s'allonge et deux autres paires d'appendices apparaissent : c'est la forme *zoé* (fig. 2). A la suite d'autres mues, la forme de zoé change et

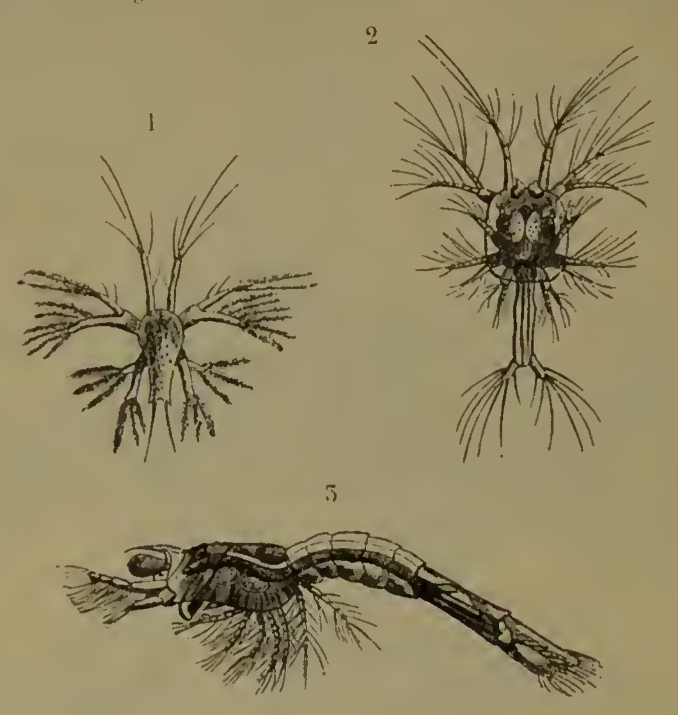


Fig. 408. — 1, première larve, ou nauplius, du Pénæus. — 2 et 3, deuxième larve du même, ou zoé, à deux âges différents.

elle prend la configuration représentée en 3; enfin, à la suite d'autres transformations, celle-ci devient adulte (fig. 407).

Les principaux groupes de la classe des crustacés sont les suivants :

Yeux composés, situés au bout de pédoncules mobiles.	PODOPHTHALMES.	5 paires de pattes.	*Décapodes.*
		8 paires de pattes.	*Schizopodes.*
		Pattes plus nombreuses encore.	*Stomatopodes.*
Yeux sessiles.	EDRIOPHTHALMES.		
Appendices en forme de rames.			*Copépodes.*
Animaux fixés à l'état adulte, pattes en forme de panache. .			*Cirripèdes.*

Signalons un crustacé gigantesque, la limule ou crabe des Moluques, qui vit dans les mers de l'archipel Malais, de l'Amérique et du Japon. Cet animal peut atteindre 50 centimètres de longueur. Il a une carapace en forme de bouclier. Le corps est formé d'un céphalothorax et d'un abdomen; celui-ci est articulé avec le bouclier et se termine par une pointe caudale (fig. 409).

Sur le dos du céphalothorax, on voit deux yeux composés et deux ocelles; à la face ventrale, la fente buccale est entourée de six paires de membres, terminés chacun par une pince. Ces membres ressemblent aux chélicères et aux pattes-mâchoires du scorpion. Les lamelles branchiales sont des dépendances de ces pattes, qui servent à la natation et à la marche, en même temps que leur base fait office d'organe masticateur. L'abdomen est muni de 5 paires d'appendices, portant chacun une branchie : deux lames aplaties (*opercule*) du céphalothorax recouvrent les appendices abdominaux.

Le tube digestif et le système nerveux sont conformés sur le plan des crustacés supérieurs.

Aux époques géologiques les plus anciennes ont vécu des crustacés dont l'organisation se rapproche de celle des limules : ce sont les trilobites (fig. 410). Ils sont ainsi nommés parce que leur corps se divise en trois lobes longitudinaux. Ils avaient, comme les cloportes, la faculté de s'enrouler en boule. Le bouclier céphalique porte deux yeux composés; mais, bien qu'on ait restauré (par la pensée), comme c'est figuré en 410, les appendices de ces animaux, on a découvert à peine quelques indices de leurs membres et de leurs branchies.



Fig. 409. Limule (face ventrale).

Zoonite ou **Métamère**. — On reconnaît, à un examen même superficiel, que les divers articulés ont le corps composé d'anneaux se suivant régulièrement, et, munis chacun d'appendices variés, lesquels semblent tous être construits sur le modèle des membres. Beaucoup de Vers (voir plus loin) figurent une chaîne semblable.

Il y a plus d'un demi-siècle, les médecins français Moquin-Tandon et Dugès ont beaucoup insisté sur cette disposition, et ont donné le nom de *zoonite* (*zoon*, ani-

mal) à chaque anneau ou segment du corps. Il convient d'ajouter, et nos descriptions l'ont montré suffisamment, que, chez un certain nombre d'articulés, les appareils respiratoire, circulatoire, nerveux, etc., paraissent porter également l'empreinte de cette segmentation ; les parties semblables paraissent se répéter d'un anneau à l'autre. Dans cet ordre d'idées, le type élémentaire de l'articulé ou de l'annelé serait représenté par un anneau squelettique, possédant une paire de ganglions, un bout de tube digestif ouvert aux deux extrémités, une poche contractile, deux masses musculaires, une paire d'appendices jouant le rôle de pattes préhensiles, ambulatoires, respiratoires, etc.

Plus récemment, et l'étendant à d'autres animaux, on a désigné ce type élémentaire ou zoonite sous le nom de *métamère* (*méta*, après, *méros*, partie, indique la succession).

Il est possible de retrouver chez les myriopodes et beaucoup de larves cette série d'anneaux et d'appendices plus ou moins semblables. Mais comment reconnaître et caractériser le zoonite, quand les articulés montrent un cœur ramassé, un seul ou un nombre réduit de ganglions nerveux dans un corps allongé et formé de beaucoup de segments? On est alors réduit à invoquer la fusion des parties, leur atrophie, etc.

Fig. 110. — 1. Trilobite restauré, vu en dessous : *m*, mâchoires; *p*, pattes-mâchoires : *a*, appendices. — 2. Coupe à travers le corps du même : *a*, pattes; *r*, branchies; *c*, carapace; *i*, intestin.

A cet égard, il est intéressant de noter que les vertébrés ont été ramenés à un type idéal, qui a une certaine analogie avec le précédent. Il y aura bientôt cent ans, on a fort justement comparé l'os occipital du crâne à une vertèbre dont l'arc dorsal s'est étalé en écaille. Mais on est allé plus loin et on a voulu voir dans les autres os du crâne des vertèbres également modifiées.

Voilà donc tout l'axe squelettique des vertébrés décomposé en vertèbres. Alors on s'est aperçu que la queue de certains animaux tels que les cétacés (voir p. 390) présente des vertèbres qui sont pourvues d'un arc ventral logeant les vaisseaux. Étendant cette observation, on a comparé le sternum et les côtes qui se prolongent, chez les oiseaux, jusqu'au sacrum, chez les reptiles jusqu'au crâne, à l'arc ventral d'une vertèbre, circonscrivant les appareils digestif, circulatoire et respiratoire; on l'a appelé arc *hémal*, en l'opposant à l'arc dorsal ou *neural* (voir p. 170).

Le mode de développement des muscles semblait confirmer cette manière de voir. En effet, les muscles de l'embryon apparaissent, de chaque côté de la gouttière médullaire et de la corde dorsale, sous la forme de petites masses (fig. 142, *pr*, p. 222), qui alternent avec les vertèbres se produisant un peu plus tard. Ils sont disposés vis-à-vis des vertèbres à la façon des muscles intercostaux dans l'intervalle des côtes. Ils semblent relier les *métamères* les uns aux autres et constituer des intersections qui leur impriment force et mouvement. Ils ont reçu le nom de *myomères* (*mus*, muscle).

L'annelé serait composé d'une suite d'anneaux semblables et formant un tube articulé, et le vertébré serait constitué par une succession de vertèbres circonscrivant deux tubes, qui sont adossés en canon de fusil double et recouverts par la même peau.

Malgré les peines infinies qu'on s'est données durant près d'un siècle, on n'est malheureusement pas d'accord sur nombre de points. Le crâne, par exemple, cette *vertèbre pensante*, représente-t-il trois, quatre, cinq métamères ou davantage encore? C'est là une question épineuse, qui a fait et continue à faire répandre des flots d'encre.

On a attaché et quelques-uns accordent actuellement une grande valeur à ce genre d'études consistant à idéaliser une disposition qu'on a observée sur un animal et à vouloir retrouver ce schéma chez les autres animaux, quelque peu apparent qu'il soit. Ces études feraient partie de l'*anatomie* et de la *zoologie philosophiques*.

Tout en rendant justice aux rapprochements, souvent fort ingénieux, qu'on peut ainsi établir entre les êtres, il faut dire et déclarer hautement que le *zoonite* ou *métamère* n'a jamais eu d'existence réelle comme être distinct et isolé ; c'est un *type fictif*. Partant de là, beaucoup d'auteurs considèrent ces sortes d'études comme d'ordre purement spéculatif. C'est de la *métaphysique* appliquée à la biologie; au lieu de simplifier et d'éclairer les faits d'observation, elle les complique et dénature leur portée véritable.

B. — Vers.

On donne le nom de *Vers* à un grand nombre d'animaux qui offrent une conformation plus ou moins semblable à celle du *ver de terre*. Ils présentent des formes et une organisation des plus variées. Aussi convient-il de les grouper en plusieurs subdivisions : 1° les **Annélides**; 2° les **Rotifères**; 3° les **Trématodes**; 4° les **Nématodes**; 5° les **Cestodes**.

1° **Annélides**. — Ces animaux, dont plusieurs individus sont figurés en 411 et 412, sont composés, comme les articulés, d'une succession d'anneaux. Ils possèdent un corps cylindrique ou aplati et sont formés par une succession de segments en forme d'anneaux. Aussi les vers précédents méritent-ils le nom d'*annélides* (*annulus*, petit anneau).

A. **Chétopodes**. — En tenant compte de la présence de *soies* implantées sur le corps ou de leur absence, on peut diviser les annélides en **Chétopodes** (*chaitè*, crinière; *pous*, *podos*, pied), et en **Sangsues** ou **Hirudinées**, qui se meuvent au moyen de ventouses placées aux deux extrémités de leur corps.

a. **Polychètes**.— Les **Chétopodes**, qui ont de nombreuses soies, forment la subdivision des **Polychètes** (*polys*, beaucoup); les soies sont implantées dans des dépressions de la peau (fig. 412, A), ou bien sur des mamelons dits pieds (fig. 411). Les uns vivent dans des tubes de consistance parcheminée (fig. 414) ou cornée; les autres nagent librement dans l'eau.

TUBE DIGESTIF. — Le tube digestif, commençant souvent par une trompe (fig. 411), est un canal qui s'étend presque en ligne droite de la bouche à l'anus.

L'intestin est étranglé aux mêmes endroits que le corps, de sorte qu'il laisse reconnaître une série de chambres successives, présentant souvent des diverticules latéraux.

CIRCULATION. — L'appareil circulatoire se compose de deux vaisseaux, dorsal et ventral, communiquant par des branches latérales; certaines portions de ces vaisseaux sont contractiles et chassent le sang dans les diverses parties du corps. Le liquide sanguin est en général coloré; cependant, lors même qu'il a une teinte rouge, il est facile de le distinguer de celui des vertébrés, parce

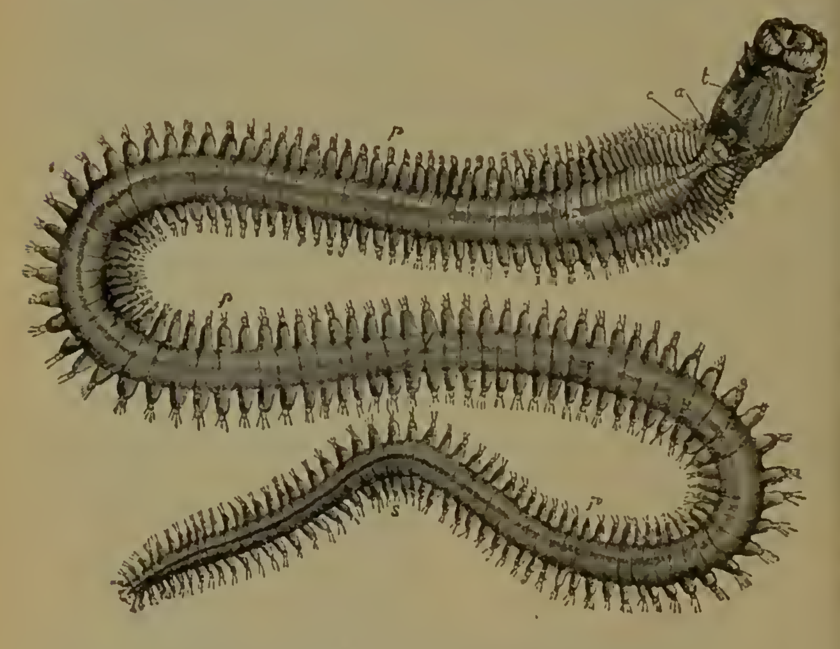


Fig. 411. — Annélide polychète (Nephtys) adulte.

t, trompe; *a*, tête; *c*, antennes; *p*, rames dorsales; *s*, soies garnissant les rames.

qu'il manque de globules rouges. La matière colorante se trouve toujours en dissolution dans le plasma.

RESPIRATION. — La respiration peut se faire par les divers appendices du corps; mais, le plus souvent, des touffes de filaments ou *cirres* (*cirrus*, boucle de cheveux) remplissent le rôle de branchies. Elles ont la forme d'éventail chez les serpules (fig. 412, B), où elles sont situées tout autour de la bouche. Elles se trouvent sur les anneaux du milieu du corps chez les Arénicoles (fig. 412, C).

SYSTÈME NERVEUX. — Le système nerveux reproduit la disposition que nous connaissons chez les articulés; il est composé d'un double ganglion cérébroïde et d'une chaine ventrale.

ORGANES DES SENS. — Les organes des sens sont peu connus, sauf celui du tact, qui est réparti sur les filaments du corps, tentacules et cirres. Les organes visuels et auditifs sont situés sur la face dorsale de la tête.

ORGANES URINAIRES. — Les organes urinaires sont représentés par des

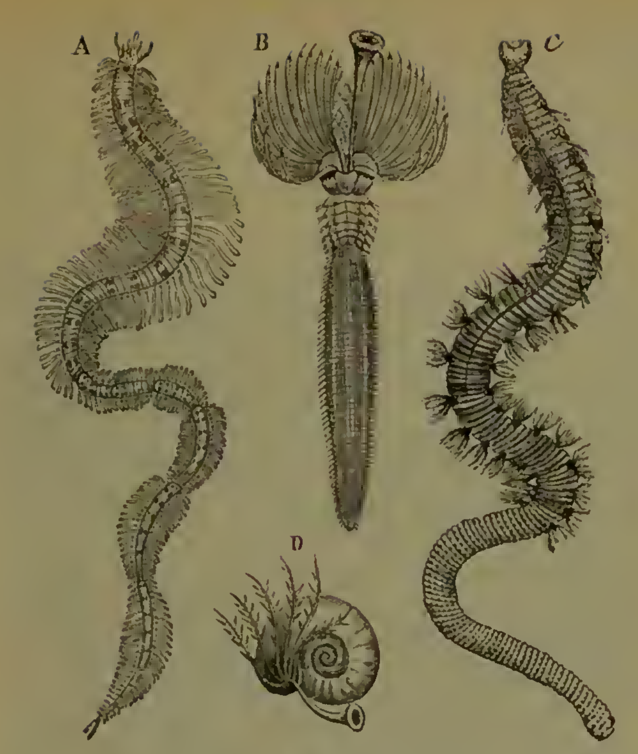


Fig. 412. — Annélides chétopodes.

A, Néréide, dont les anneaux postérieurs se multiplient pour donner naissance à de nouveaux individus par reproduction gemmipare; — B, Serpule, retirée de son tube; — C, Arénicole des pêcheurs; — D, Spirorbe (genre de Serpule) et son tube calcaire.



Fig. 413.

A, larve d'Annélide (Nephthys), pourvue d'une couronne de cils. *e*, bouche *ph*, pharynx; *st*, estomac; *a*, anus. — B, larve plus âgée, avec deux couronnes de cils. — C, larve munie d'anneaux, qui sont garnis de pieds et de soies.

canaux contournés dont il existe en général une paire dans chaque anneau ou segment du corps : d'où leur nom d'*organes segmentaires* ; chacun est pourvu d'une extrémité intérieure, dilatée en pavillon, et d'un orifice extérieur, qui s'ouvre au dehors par un pore distinct.

DÉVELOPPEMENT. — L'embryon qui sort de l'œuf est une larve en forme de tonnelet (fig. 415, A), pourvu d'abord d'une seule, puis de deux couronnes de cils (B). La bouche (*o*) est placée derrière la première couronne et se continue avec le pharynx (*ph*), auquel font suite l'estomac (*st*) et un court intestin se



Fig. 414. — Annélides polychètes (Serpules et Amphitrites).
Ils sont logés dans des tubes sécrétés par leur peau, et leur tête est munie d'une couronne de branchies.

terminant par l'anus (*a*). En s'allongeant, le corps laisse reconnaître des anneaux (fig. 415, B) qui deviennent de plus en plus nets et se munissent en (C) de pieds et de soies.

Outre la multiplication par les œufs, les vers présentent un autre mode de reproduction : l'extrémité postérieure bourgeonne et forme une suite d'anneaux, dont les plus antérieurs deviennent la tête de toute la série (fig. 412, A) ; puis cette série se détache de l'animal primitif et constitue un nouvel individu. C'est la reproduction dite *gemmipare* (*gemma*, bourgeon ; *parere*, produire).

b. **Oligochètes.** — Les vers de terre, ou lombrics, se rapprochent beaucoup, par

leur organisation, des vers marins que nous venons de décrire; mais ils n'ont que peu de soies sur le corps et manquent de pieds, de cirres et de tentacules. De là leur nom d'**Oligochètes**, donné à ce groupe (*oligos*, peu). Ils vivent dans la terre ou la vase (fig. 415).

B. **Hirudinées**. — Les sangsues (fig. 416) ou *hirudinées* (*hirudo*, sangsue) sont des vers à corps aplati et annelé, manquant de soies. Elles possèdent, à l'extrémité du corps opposée à la bouche, une grosse ventouse qui sert à faire le vide



Fig. 415. — Ver de terre ou Lombric.

et à les fixer; la sangsue employée en médecine est pourvue d'une seconde ventouse située dans la bouche et présentant des plis longitudinaux (fig. 418). Trois mâchoires sont disposées dans la bouche; leur bord libre est dentelé en forme de scie. A l'aide des mouvements des mâchoires et des dents, la sangsue entame la peau des animaux pour en sucer le sang.

Un œsophage court (fig. 417, *a*) fait suite à la bouche; puis vient l'estomac, qui est subdivisé en une série de poches à prolongements latéraux. Les prolongements ou cæcums de la dernière poche sont remarquables par leur longueur (*a'*). On voit entre eux l'intestin (*b*), qui se termine par l'anus.

L'appareil circulatoire, qui renferme du sang rouge tenant l'hémoglobine en dissolution, se compose de deux canaux latéraux et d'un vaisseau dorsal (fig. 418, G), relié par des vaisseaux transversaux et émettant de nombreux rameaux vasculaires qui se rendent aux organes.

La respiration se fait par toute la surface cutanée.

Le système nerveux (fig. 418, A) se compose de deux ganglions cérébroïdes (*a*), donnant des nerfs aux yeux (*b*), et d'une chaîne ventrale formée d'une suite de ganglions, au nombre de 20 environ.

Les yeux sont représentés par des taches pigmentaires placées en demi-cercle sur la tête (fig. 418, *b* et B).

Les sangsues comprennent de nombreuses espèces, vivant généralement dans



Fig. 416. — Sangsue.

A, extrémité antérieure (vue de dos et un peu de profil. — B, extrémité postérieure pourvue d'une grosse ventouse.



Fig. 417. — Tube digestif de la Sangsue.

œ, œsophage; *b*, rectum; *a'*, poches intestinales.

l'eau ou sur la terre humide. La plupart peuvent devenir des parasites et sucer le sang des autres animaux.

2° **Rotifères.** — On rencontre, dans les mousses humides, des vers de petite taille (fig. 419), dont la partie postérieure du corps ou queue est annelée et dont la partie antérieure porte un ou deux cercles de cils. Le mouvement de ces cils rappelant celui d'une roue tournante, leur a fait donner le nom de *Rotifères* (*fero*, je porte ; *rota*, roue).

Ils ont un canal digestif pourvu d'un orifice à chaque bout et un système nerveux réduit à un ganglion. Il n'existe ni appareil circulatoire, ni appareil respiratoire. Ces animaux partagent avec les tardigrades (arachnides) (voir p. 489) la singulière propriété de se dessécher, de devenir immobiles et comme morts, et de revivre dès qu'on leur rend de l'eau. Ce sont des animaux *reviviscents*.

3° Trématodes et Turbellariés. — La douve du foie (fig. 120) est un animal aplati en forme de feuille, long de 1 à 3 centimètres. La partie antérieure du corps est conique; la partie postérieure est rétrécie et lancéolée. Deux ventouses se voient au bout antérieur du corps et servent à fixer et à faire progresser l'animal. L'orifice buccal se trouve dans la première ventouse; il est suivi par un pharynx et un œsophage, auquel succède un tube digestif bifurqué et ramifié (fig. 120). Le canal alimentaire n'a pas d'orifice postérieur ou anal. Les appareils circulatoire et respiratoire font défaut. Le système

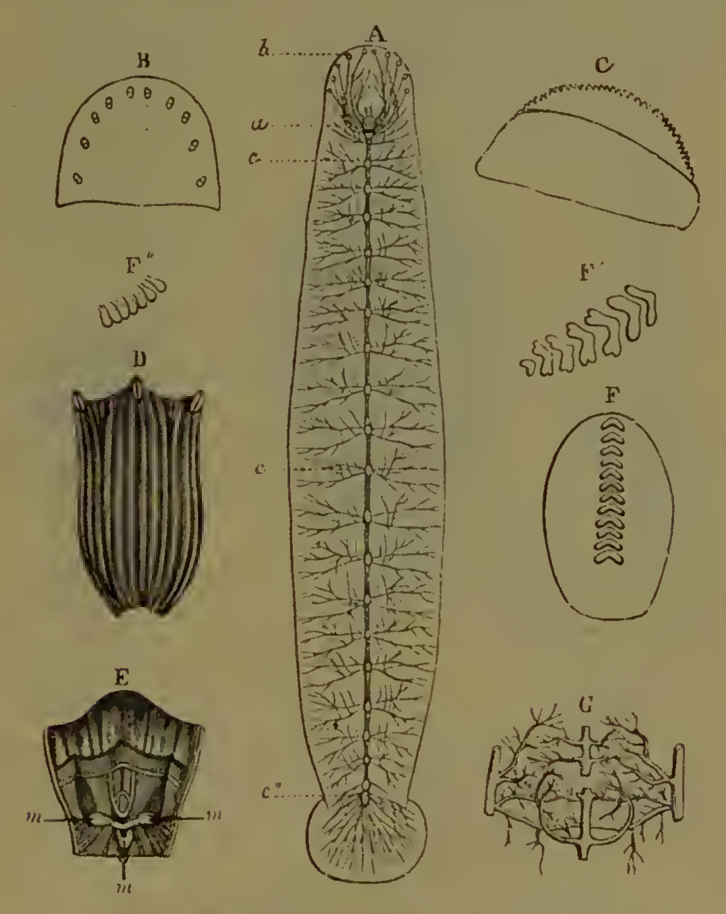


Fig. 118. — Organisation de la Sangsue médicinale.

A, système nerveux; *a*, ganglion cérébroïde; *b*, yeux et nerfs optiques; *c*, *c'*, *c''*, ganglions ventraux. — B, extrémité antérieure portant les yeux (grossie). — C, une des trois mâchoires avec le bord convexe dentelé. — D, Bouche ouverte d'une petite sangsue, appelée *sangsue de cheval*. — E, bouche ouverte de la *sangsue médicinale*, pour montrer la disposition des trois mâchoires (*m*, *m*, *m*). — F, dents en place; F', dents isolées montrant les denticules en scie. — G, portion des trois troncs vasculaires (deux latéraux et un longitudinal, présentant deux tronçons) et divisions qui en partent.

nerveux n'est représenté que par quelques ganglions disposés autour de l'œsophage.

La douve hépatique s'observe dans les canaux biliaires du mouton, quelquefois chez les autres ruminants et l'homme.

La voie que suit la douve pour arriver dans le foie des mammifères est fort compliquée. De l'œuf des douves adultes sort un embryon (fig. 419) couvert de cils vibratiles et capable de vivre librement dans l'eau. S'il rencontre un mollusque d'eau douce, appelé *limnée*, il pénètre dans ses tissus par des mouvements de son bec. Au bout de peu de temps, il perd ses cils et son corps se divise, par croissance active, en plusieurs individus dont chacun devient libre et va se loger dans le foie de la limnée. Il porte alors le nom de *rédie*.

La rédie donne naissance, dans son corps, à des amas de cellules ou germes, dont chacun prend la forme d'un têtard à longue queue et est appelé *cercaire* (*cercos*, queue). La cercaire est pourvue de deux ventouses. Le mouton avale les limnées attachées à l'herbe; les cercaires deviennent libres dans le tube digestif du mammifère; elles vont envahir les canaux biliaires et se transformer en douves adultes. Dans les années pluvieuses, ces parasites causent la destruction de troupeaux entiers de moutons.

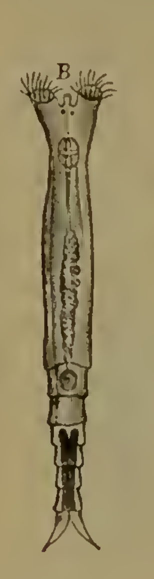


Fig. 419. — Rotifère.

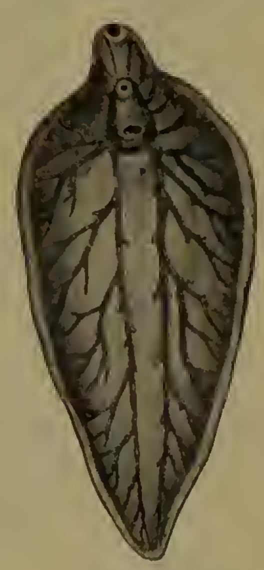


Fig. 420. — Douve du Mouton (grossie).



Fig. 421. — Embryon de Douve (très grossi).

Outre les douves munies de deux ventouses, on en connaît d'autres pourvues de plusieurs ventouses. On réunit ces êtres dans le groupe des **Trématodes** (*tréma*, pertuis), les ventouses ressemblant à des orifices dont le corps serait percé.

A côté des trématodes, il convient de placer des *vers plats*, qui vivent en liberté dans l'eau douce ou salée; ils manquent de ventouses et leur corps est recouvert partout de cils vibratiles. Ceux-ci s'agitant dans l'eau, produisent un mouvement continu, qui pousse l'animal en avant. De là le nom de **Turbellariés** (*turba*, trouble).

Parmi les espèces d'eau douce, je cite les planaires (*planus*, aplati), dont le corps ovale et allongé atteint la taille de 1 à 2 centimètres.

Le tube digestif, simple ou ramifié, manque d'anus. Des tubes à surface intérieure ciliée et remplis d'un liquide transparent, sillonnent le corps. Deux ganglions, munis de prolongements, représentent le système nerveux.

4° **Nématodes**. — La figure 422 montre un ver filiforme, effilé aux deux bouts; on l'appelle la trichine (*thrix*, *trichos*, cheveu). Cet être, long de 1^{mm},5, possède un tube digestif pourvu d'une bouche et d'un anus. L'histoire de la trichine est des plus curieuses. Elle vit dans l'intestin grêle du porc, où elle produit une quantité considérable d'embryons (fig. 422). Ceux-ci, dont la taille atteint à peine un dixième de millimètre, sont animés de mouvements très actifs; ils traversent les parois du tube digestif et vont se loger dans la chair du porc (fig. 423).



Fig. 422. — Trichine (très grossie, remplie de jeunes et en état de ponte).

Ici la larve s'enroule et semble morte. Mais que l'homme vienne à manger cette viande de porc *incomplètement cuite*, les larves deviennent libres dans son estomac, se développent dans l'intestin, deviennent adultes et produisent de nouvelles générations d'embryons, qui vont, comme sur le porc, gagner les muscles en traversant les parois intestinales. Ils déterminent ainsi une maladie, la *trichinose*, très rare en France, parce qu'on y fait cuire la viande de porc, mais fréquente en Allemagne et en Amérique, où l'on mange la viande crue.

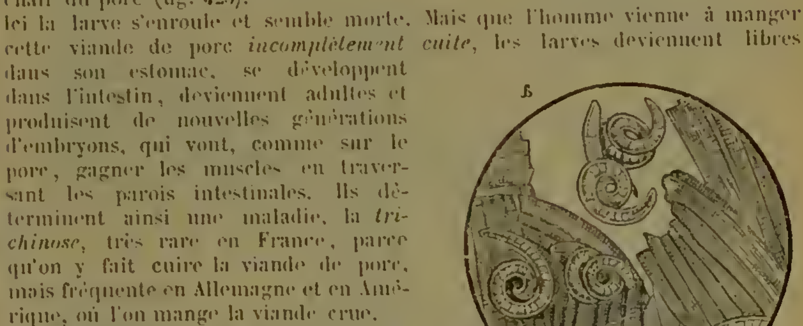




Fig. 423. — Trichines dans les muscles.

Des Vers semblables aux précédents, mais atteignant une taille de 15 centimètres environ, se rencontrent dans l'intestin grêle de l'homme et surtout de l'enfant; leur ressemblance apparente avec les Lombrics les a fait appeler *Ascarides lombricoïdes* (*ascaris*, ver aux mouvements gauches). Les œufs qu'ils produisent commencent à se développer dans l'eau, mais ils ne continuent leur évolution que s'ils sont ingérés, avec l'eau de boisson, dans le tube digestif de l'homme.

Un autre ver, l'oxyure (*oxys*, aigu ; *oura*, queue), long de quelques millimètres, infeste fort souvent l'intestin de l'homme et surtout des enfants.

On trouve dans les régions tropicales d'autres vers qui vont se loger sous la peau ou dans d'autres organes de l'homme et y produire des maladies parasitaires.

Tous ces vers et d'autres, qui vivent en liberté (anguillules du vinaigre, du blé), ont pour caractère commun de ressembler à un fil et forment le groupe des **Nématoides** (*nêma*, fil ; *eidos*, forme).

5° **Cestodes**. — Enfin, comme on le voit sur la figure 424, *a*, il existe des vers plats, allongés, formés par une succession d'articles, qui leur donnent l'aspect d'un ruban festonné. Le type est le tænia (*tænia*, ruban) ou *ver solitaire*, for-

mant avec des êtres voisins le groupe des *Cestodes* (*cestos*, festonné). A l'état adulte, ces vers vivent en parasites dans le tube digestif de l'homme et des autres vertébrés. Ils manquent de bouche et d'appareil digestif et se nourrissent des sucs, qui sont élaborés par les organes digestifs de leurs hôtes et passent par osmose à travers les téguments du parasite.

Leur corps est formé par une succession d'anneaux remplis d'œufs. Il peut atteindre une longueur de plusieurs mètres. L'extrémité antérieure du corps, ou tête, est effilée (fig. 124, *a*); c'est un organe de fixation, dont le bout renflé

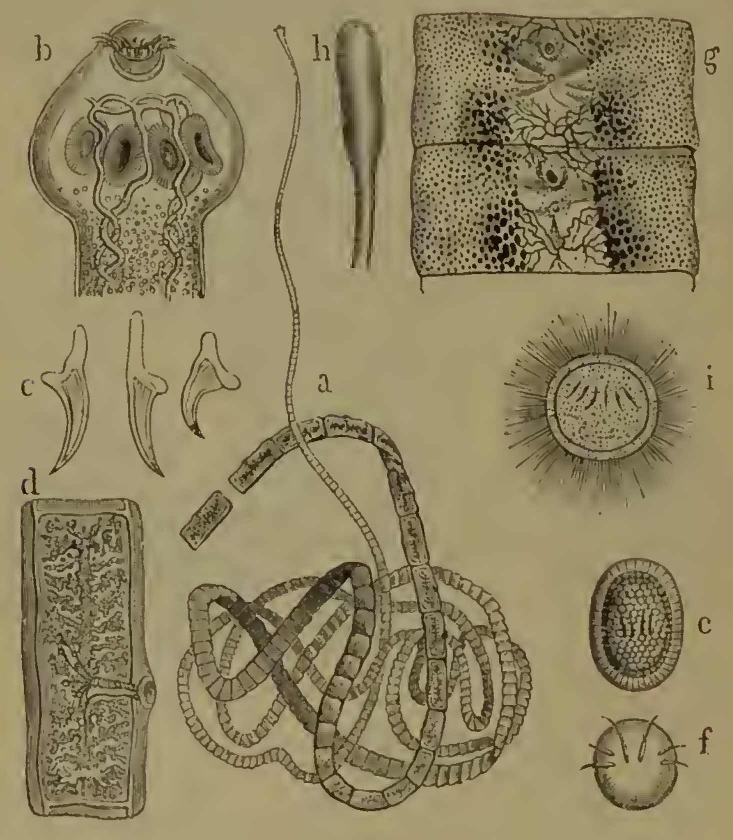


Fig. 124. — Vers solitaires.

a, Ténia de l'homme; *b*, son scolex; *c*, crochets du scolex; *d*, l'un des anneaux; *e*, l'œuf; *f*, embryon; *g*, deux anneaux de Bothriocéphale; *h*, tête du même; *i*, embryon.

présente (*b*) des ventouses et une couronne de crochets (*b* et *c*). Ces derniers peuvent manquer dans certaines espèces.

Les tænias possèdent un système nerveux représenté par plusieurs ganglions logés dans la tête et émettant des branches nerveuses qui vont se ramifier dans les anneaux.

Nous prendrons le tænia armé de crochets, comme exemple, pour montrer sa propagation et les diverses migrations qu'il subit, avant de produire le long

ruban, qu'il figure à l'état adulte. Supposons un homme porteur d'un ver solitaire; celui-ci, fixé dans le tube digestif, bourgeonne et forme une chaîne longue de plusieurs mètres. Les derniers anneaux, remplis d'œufs, se détachent et s'en vont avec les excréments. Les anneaux, ainsi expulsés, sont vivants et sont animés de mouvements de reptation : aussi les a-t-on considérés comme des individus sexués, qui ont reçu le nom de *proglottides* (*proglottis*, pointe de la langue).

Les œufs (*e*) qui sont contenus dans les proglottides sont mûrs, se segmentent et se transforment en embryons munis d'une couronne de six crochets, *larves hexacanthes* (*hex*, six; *acanthos*, épine) (fig. 124, *f*). Les larves, enveloppées d'une coque solide, sont disséminées sur le fumier, l'herbe, etc., et sont avalées par le porc. Elles deviennent libres dans son tube digestif et traversent les parois de ce dernier pour arriver dans les tissus. Ici elles s'entourent d'une paroi remplie de liquide. L'ensemble a l'aspect d'une vésicule, portant



Fig. 125. — Hydatides.

a, Cysticerque de la ladrerie; *b*, sa couronne de crochets; *c*, portion d'un autre cysticerque, appelé *cénure* de mouton; *f*, vésicule remplie de larves.

un pédicule plissé et forme une tumeur appelée *cysticerque* (*cystis*, vésicule; *cercos*, queue) (fig. 125). La présence de ces cysticerques dans les organes du porc détermine la maladie connue sous le nom de *ladrerie*.

Il y a à peine une vingtaine d'années, on a pris le cysticerque pour une espèce particulière de vers; de là ces dénominations multiples : la partie essentielle de la vésicule n'est en somme constituée que par une ou plusieurs larves, ou embryons, de tænia, qui attendent un milieu favorable pour se développer. Il faut ajouter que le liquide aqueux qui remplit la vésicule lui a encore fait donner le nom d'*hydatide* (*hydor*, eau).

Que l'homme mange de cette viande insuffisamment cuite et infectée de cysticerques, ceux-ci mettent les larves en liberté : leur tête se fixe dans les parois intestinales; l'extrémité opposée de la larve bourgeonne et forme une chaîne d'anneaux donnant naissance à un Ver solitaire.

La larve, fixée dans l'intestin et produisant l'animal adulte, a été appelée *scolex* (*scolex*, ver), mais n'est en réalité qu'un stade intermédiaire entre l'embryon et l'animal adulte, pourvu d'œufs.

des muscles ; on les appelle *pédicellaires* (*pediculus, pedicellus*, petit pied). Ce sont des piquants terminés par deux ou trois branches mobiles pouvant jouer le rôle de pinces.

TUBE DIGESTIF. — Dans la bouche de l'oursin est disposé un appareil de mastication composé d'un grand nombre de pièces et appelé *lanterne d'Aristote*. Le reste du canal alimentaire est représenté par un tube qui fait plusieurs tours en se repliant sur lui-même et qui se termine par l'anus (fig. 430). Chez



Fig. 428. — Oursin rampant sur les parois d'un aquarium, avec ses ambulacres épanouis.

les étoiles de mer (voir p. 515), le tube digestif, sacciforme, peut manquer d'anus. Chez les ophiures, l'anus fait constamment défaut. Les holothuries (fig. 433) ont un tube digestif presque droit, mais ouvert aux deux extrémités, sans distinction marquée d'estomac et d'intestin.

CIRCULATION ET RESPIRATION. — L'appareil circulatoire est formé par un canal circulaire entourant la lanterne d'Aristote et par des vaisseaux qui se rendent aux organes. Cet appareil circulatoire, muni de poches contractiles, est accompagné ou entouré plutôt d'un système de canaux qui communiquent avec l'extérieur d'une part, avec la cavité viscérale et les ambulacres d'autre part et dans lesquels circule un liquide aqueux. Chez les holothuries, par exemple, ce système *aquifère* est muni de prolongements en cul-de-sac et contractiles, appelés *vésicules de Poli* (fig. 433) du nom d'un médecin naturaliste italien.

Les organes respiratoires semblent représentés chez l'oursin par des appendices ramifiés disposés autour de la bouche ; chez l'holothurie, par les *organes de Cuvier* (voir plus loin). Il est probable que le liquide contenu dans le système aquifère préside aux échanges gazeux qui ont lieu entre le milieu ambiant et les tissus.

SYSTÈME NERVEUX. — Le système nerveux se compose d'un anneau circu-

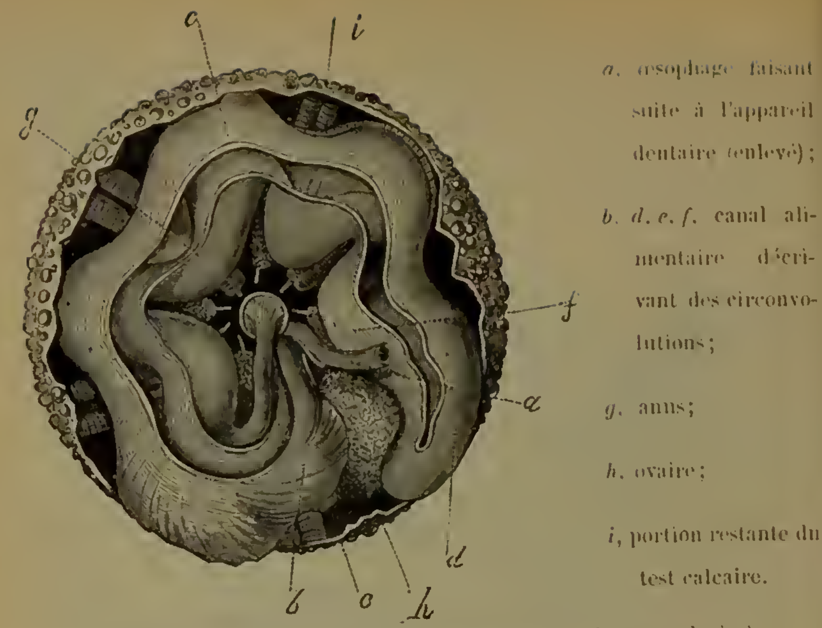


Fig. 429. — Étoile de mer (ouverte par sa face dorsale).

a, pièces dures de la gouttière logeant les ambulacres ; *e*, estomac ; *c*, glandes annexées à l'estomac ; *i*, prolongements de l'estomac en forme d'ampoules ; *g*, amas d'œufs.

laire, placé autour de la bouche (*circumbuccal*) et muni de renflements ganglionnaires, qui émettent des filets nerveux suivant la face ventrale des rayons.

D'autres échinodermes, les **Crinoïdes** (*crinon*, lis ; *eidos*, forme) (fig. 427) ont la forme d'une *tige*, ou pédoncule, supportant un *disque* autour duquel rayonnent des bras articulés. La plupart des crinoïdes sont fixés par leur pédoncule aux objets environnants. La larve d'un autre crinoïde (fig. 433), la *comatule* (*coma*, chevelure), nage d'abord librement, puis elle se fixe par son pédon-



a, œsophage faisant suite à l'appareil dentaire (enlevé) ;

b. d. e. f. canal alimentaire décrivant des circonvolutions ;

g, anus ;

h, ovaire ;

i, portion restante du test calcaire.

Fig. 430. — Oursin (dont on a enlevé une portion du test calcaire).

Fig. 431. — Ophiure.



Fig. 452. — Euryale.

Fig. 453. — Jeunes Comatules fixées ; l'une d'elles est prête à se détacher.

cule et les bras se développent. Plus tard le pédoncule se rompt, et la comatule devient libre de nouveau.

Citons enfin, comme appartenant aux échinodermes, un animal marin, l'**Holothurie**, ressemblant à un gros ver (fig. 434). L'enveloppe du corps est coriace et remplie d'incrustations calcaires en forme de roues, d'hameçons, d'ancres. Les ambulacres se trouvent à la face ventrale du corps.

La bouche, entourée d'un squelette calcaire, présente une couronne de tenta-

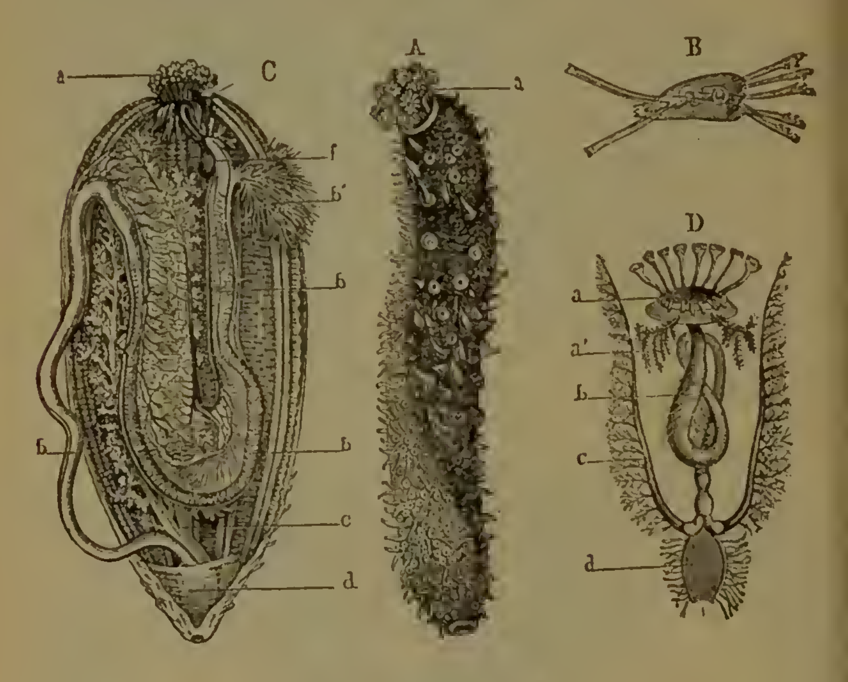


Fig. 434. — Holothuries.

A. Holothurie vue de profil et montrant à gauche (face ventrale) les tubes ambulacraires : *a*, tentacules entourant la bouche ; — B, larve d'une holothurie ; — C, holothurie (ouverte), montrant : *a*, tentacules entourant la bouche ; *b*, *b'*, canal digestif ; *c*, organe ramifié et arborescent, servant à la respiration et s'ouvrant dans le cloaque (*d*) ; *b'*, ovaire ; *f*, vésicule annexée au système circulatoire et située près de l'œsophage : on l'appelle *vésicule de Poli* ; — D, organes de la digestion et de la respiration isolée ; *a*, tentacules entourant la bouche ; *a'*, glandes buccales ; *b*, intestin ; *c*, organes de Cuvier ; *d*, cloaque.

cules (C et D). Le canal alimentaire (*b*, *b*) traverse le corps en décrivant quelques replis et se termine à son extrémité postérieure. Deux diverticules (*c*) du segment terminal du tube digestif se ramifient abondamment et sont considérés comme organe respiratoire, parce que leurs parois sont très vasculaires et que leur cavité renferme toujours de l'eau. Ils sont appelés les *organes de Cuvier*.

Les **ÉCHINODERMES** se groupent, en résumé, de la façon suivante :

			Ordres
Corps de forme étoilée.	Bouche ventrale.	Rayons prolongeant le disque.	*Astérides.*
		Rayons complètement libres.	*Ophiures.*
	Bouche dorsale.	Animaux fixés pendant quelque temps.	*Crinoïdes.*
Corps sphérique.			*Oursins.*
Corps cylindrique.			*Holothuries.*

B. — Cœlentérés.

On trouve dans l'eau douce, fixés sur les plantes aquatiques, des petits êtres longs de 1 à 2 millimètres, qui, quoique verts, sont transparents comme de l'eau :

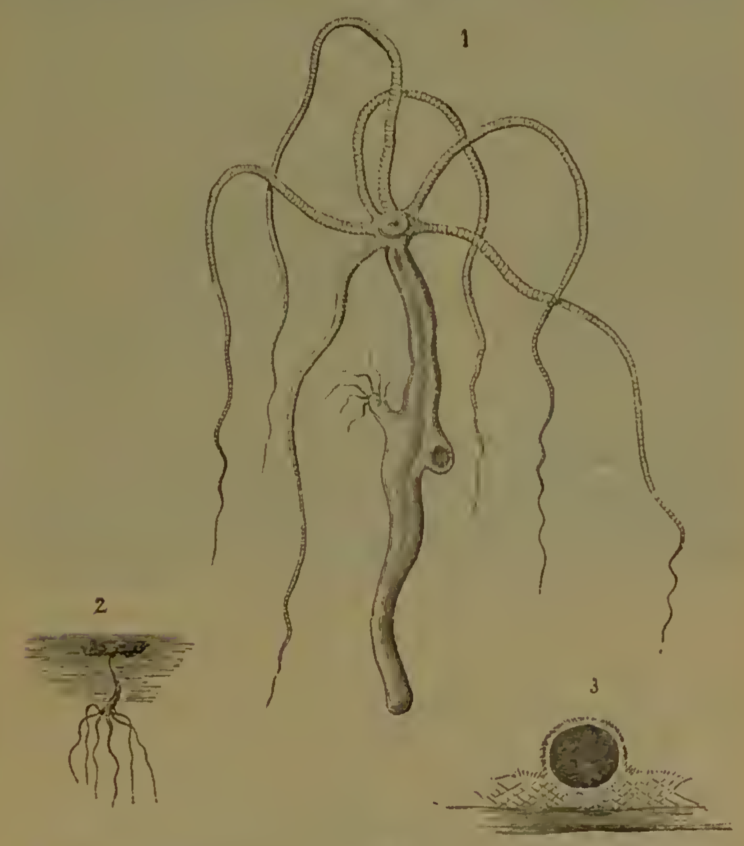


Fig. 455. — 1. Hydre grise, très grossie ; 2. Hydre, grandeur naturelle ; 3, un œuf grossi.

d'où leur nom d'*hydre d'eau douce* (*hydor*, eau). Leur corps est formé d'un tube, dont l'un des bouts, ou *pôles*, est adhérent, tandis que l'autre est entouré d'une

couronne de filaments, *bras* ou *tentacules*, capables de s'allonger et de se mouvoir en tous sens. La figure 455, 1, représente une hydre libre avec les tentacules tournés en haut ; en 2, l'animal est fixé sur un corps.

Chacun a pu voir, d'autre part, au bord de la mer et à marée basse, fixés sur les rochers, des animaux plus grands, figurant une anémone épanouie (fig. 456) : on leur a donné le nom d'*anémones de mer* ou d'*actinies* (*actin*, rayon), à cause de la couronne de tentacules rayonnants qui entoure leur pôle libre.

Ces animaux ont reçu successivement le nom de **Polypes** (*polys*, beaucoup; *pous*, *podos*, pied), de **Rayonnés**, parce que leurs nombreux bras sont disposés comme des rayons autour de l'axe central du corps. Au centre de la couronne de

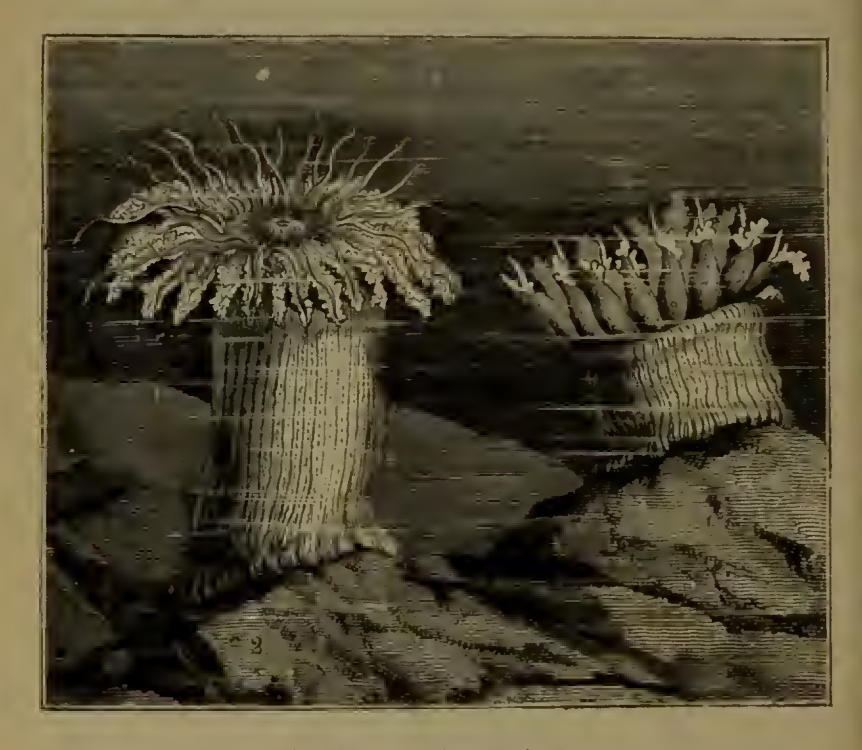


Fig. 456. — Anémones de mer.

tentacules est une ouverture (fig. 455), la *bouche*, qui donne entrée dans le corps, constitué par un simple tube. Comme l'autre pôle de l'animal est fixé et imperforé, les matériaux non digérés sont rejetés de nouveau par la bouche. On le voit, les aliments sont introduits dans le tube formé par les parois du corps, qui n'est plus traversé, comme chez les animaux supérieurs, par un canal alimentaire à parois distinctes et séparées du corps. Autrement dit, les téguments font office d'enveloppe protectrice par leur face extérieure, et de cavité digestive par leur surface intérieure. En raison de cette conformation si simple, ces animaux ont reçu le nom de **CŒLENTÉRÉS** (*coilos*, creux ; *enteron*, intestin).

1° **Hydroméduses.** — CONFORMATION ET ORGANISATION. — Le corps de l'hydre figure un sac ouvert à l'extrémité libre. La surface intérieure du sac re-

présente la cavité digestive. La paroi du sac est une membrane unique, formée, comme dans les embryons de mammifères (fig. 5, p. 6), 1° d'une couche cellulaire extérieure (*ectoderme*), et 2° d'une couche intérieure (*entoderme*). La première est en rapport avec le milieu extérieur et correspond à l'épiderme, tandis que la seconde est l'homologue de l'épithélium du tube digestif des vertébrés.

Les tentacules sont des prolongements du corps et servent de filaments pêcheurs. Malgré cette conformation si simple, on voit déjà certains éléments du corps prendre une forme spéciale et remplir un rôle particulier. Bien que l'unique ouverture de l'extrémité libre serve à l'entrée de l'eau et des aliments



Fig. 457. — Polype hydraire (Syncoryne) produisant des Méduses.

a, une colonie de ces Polypes, grandeur naturelle; *b*, une portion grossie de cette colonie avec des Méduses développées; *b′*, *c*, Méduse adulte et libre; *c′*, un bras de la Méduse avec bouquets de nématocystes.

et à la sortie des produits d'excrétion, l'entoderme sécrète seul des sucs digestifs. D'autres cellules entodermiques se munissent de cils vibratiles et font circuler le liquide nourricier. Certains éléments sont contractiles et jouent le rôle de muscles. Enfin, les cellules de l'ectoderme paraissent présider aux impressions du milieu ambiant. Des yeux et des vésicules auditives existent chez les types les plus élevés (voir plus loin).

La constitution du corps d'une hydre est donc celle d'un doigt de gant : dès 1740, le naturaliste genevois Trembley eut l'idée de retourner ces animaux à la façon d'un doigt de gant et il crut que la surface extérieure de la peau pou-

vait devenir organe digestif, tandis que la superficie intérieure se transformait en peau. Des recherches toutes récentes ont montré qu'un polype retourné peut vivre fort longtemps; mais, à l'encontre des résultats de Trembley, la peau ne se transforme jamais en cavité digestive. L'hydre retournée arrive à se *dére-tourner*, même quand on cherche à l'en empêcher en lui traversant le corps avec une soie ou une épingle.

Si l'on touche du doigt une actinie épanouie, on éprouve une sensation de piqûre, analogue à celle que produit le contact des orties. Cette propriété a valu à plusieurs de ces animaux marins le nom d'*orties de mer*. Leur peau possède en effet des cellules, ou capsules, dans l'intérieur desquelles est enroulé un



Fig. 458. — Méduse adulte.

long fil : au moindre contact, ce filament se déroule et se projette, comme une flèche, sur le corps étranger. Il est probable que la piqûre est accompagnée de l'émission d'un liquide irritant, parce qu'elle est suivie de cuisson et d'inflammation.

Les capsules *urticantes* ou *nématocystes* (*nema*, fil; *cystis*, vessie) sont des armes offensives ou défensives, qui servent à l'animal pour s'emparer de sa proie (fig. 457, *c'*).

DÉVELOPPEMENT. — Les hydres se reproduisent par des œufs (fig. 455, 5), mais elles sont capables de former de nouveaux individus par bourgeonnement; on voit à cet effet (fig. 455, 1) une saillie prendre naissance sur le corps du polype, se creuser d'une cavité et se munir de tentacules; plus tard, le jeune se sépare de sa mère et va former plus loin une nouvelle hydre. Si les nouveaux individus qui se sont formés sur le corps du premier restent réunis à celui-ci,

il en résulte une colonie d'hydres, dont chacune est dite *polype* (fig. 455).

GÉNÉRATION ALTERNANTE. — Ces polypes peuvent subir d'autres trans-

f, tentacules;

e, orifice buccal;

d, sac en forme d'estomac;

c, cloisons séparant les loges;

a, *b*, loges;

b' orifices faisant communiquer les loges avec le réseau vasculaire.

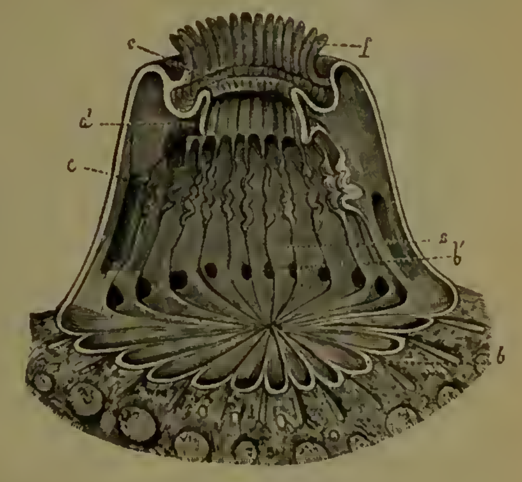


Fig. 439. — Polype du Corail (coupe verticale).

formations; on les voit se renfler (fig. 457, *b'*) et s'entourer d'un bourrelet circulaire en forme de *cloche*, ou d'*ombrelle*, dont les bords se garnissent de longs tentacules, munis de nématocystes. L'intérieur de la cloche produit les œufs, et au centre même s'élève un prolongement creux, la *cavité stomacale*. Le tout ressemble à une figure de gorgone : d'où le nom de *méduse* qu'on leur donne. Plus tard, la méduse (fig. 457, *c*, et 458) se détache de la colonie, et, par les contractions de l'ombrelle, elle chasse l'eau de son intérieur et fait avancer tout le corps. La mer est souvent couverte de ces méduses, dont la masse gélatineuse et transparente ressemble à du cristal. Le fond de la cavité stomacale communique avec une série de canaux qui traversent l'ombrelle : l'ensemble est le système *gastro-vasculaire*, c'est-à-dire à la fois digestif et vasculaire. Sur les bords de l'ombrelle qui sert à la locomotion, on



Fig. 440. — Un Polype de Corail isolé et épanoui.

trouve deux cordons nerveux avec des amas cellulaires et, de distance en distance, des vésicules qui sont des yeux ou des organes de l'ouïe.

Les méduses produisent des œufs qui deviennent des larves ciliées, nageant librement. Plus tard, celles-ci se fixent et par bourgeonnement donnent naissance à une colonie de polypes. Quelques-uns se transforment en méduses, et ainsi de suite. On donne à ce mode de reproduction, qui se fait alternativement par des œufs, puis par des bourgeons, le nom de *génération alternante*, semblable à celle que nous avons déjà trouvée chez les Vers (voir p. 501).



Fig. 441. — Spicule de Corail très grossi

2° **Anthozoaires.** — CONFORMATION ET ORGANISATION. — Les Actinies (fig. 436 et 439) ont une structure un peu plus compliquée que les Hydres. A la bouche fait suite un tube œsophagien ou stomacal, dont le fond présente des replis verticaux, qu'on a improprement comparés à des replis mésentériques (c) divisant la cavité digestive en une série de loges (*a* et *b*). Des canaux (*b'*) partent de ces dernières et conduisent le liquide nourricier dans tout le corps.

On le voit, la division du travail est plus accentuée chez les actinies que chez l'hydre : le corps est composé d'une enveloppe extérieure et d'un tube qui y est appendu, quoique relié à la couche extérieure par des replis. Son fond est percé d'orifices, donnant entrée dans des canaux qui se ramifient dans le corps et qui sont une dépendance du sac stomacal.

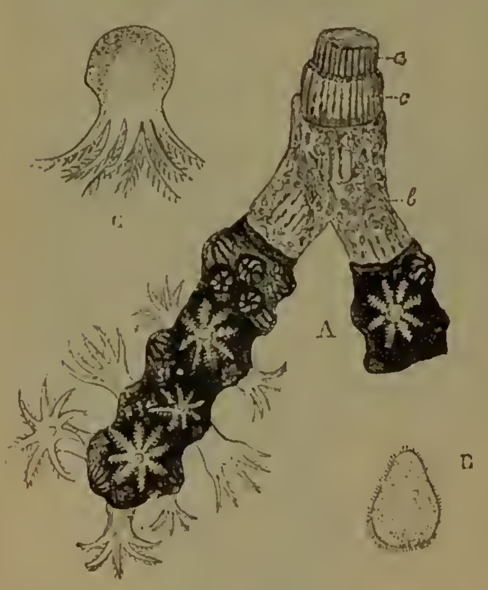


Fig. 442.

A, un rameau de Corail : *a*, axe rouge pierreux ; *c*, couche régulière de vaisseaux ; *b*, couche superficielle de vaisseaux. — B, jeune larve ciliée née des Polypes. — C, Polype dans lequel elle se transforme.

Les actinies ont la forme de fleurs lorsque leurs tentacules sont étalés et épanouis ; d'où le nom d'*Anthozoaires* donné au groupe (*anthos*, fleur ; *zoon*, animal) (fig. 440).

Le corps des actinies proprement dites reste mou, tandis que celui de la plupart des anthozoaires est le siège de formations squelettiques qui se déposent sous la forme de corpuscules calcaires, appelés *spicules* (*spicula*, petit épi). Les spicules du corail sont colorés en rouge (fig. 441).

Les œufs sont produits par les replis mésentériques. Dès qu'ils sont libres, ils sortent par la bouche de la mère et se transforment en larves. La jeune larve de corail (fig. 442, B) a le corps recouvert de cils et mène une vie errante ; plus

tard, quand les tentacules à bords dentelés se sont développés (G), elle se fixe. Molle jusqu'alors, la substance du corps élabore des spicules, imprégnés de carbonate de chaux, qui deviennent de plus en plus abondants et constituent un squelette à l'animal : de cette façon prend naissance la belle substance rouge, le *corail*, employée en joaillerie. Ces formations squelettiques portent le nom de *polypiers*. L'anthozoaire primitif continue à produire par bourgeonnement toute une colonie de polypes et, par suite, de polypiers.

Les spicules et les dépôts calcaires ne restent pas limités à la paroi du corps, mais ils pénètrent jusque dans les replis mésentériques pour constituer des cloisons divisant le corps en loges rayonnantes. Après la mort de l'anthozoaire, le squelette reproduit fidèlement la disposition si variée qu'affectent les cloisons et les loges qu'elles limitent (fig. 144, 145 et 146).

Un système de canaux continuera à relier les divers individus formant une même colonie (fig. 142, *c*).

Les coraux et les polypiers furent regardés tour à tour comme des minéraux ou des végétaux ; ce n'est que vers 1725 qu'un jeune médecin de Marseille, Peyssonnel, reconnut et démontra leur nature animale.

Les cœlentérés partagent avec les échinodermes la disposition rayonnée qu'affectent les diverses parties du corps : d'où leur nom commun de *Rayonnés*. Cependant une étude plus attentive montre que les bras et les rayons du corps sont, chez les échinodermes, au nombre de 5 ou un de ses multiples, tandis que les tentacules et les autres organes des cœlentérés se présentent au nombre de 4, 6, 8, 12, 24, etc.

Les polypes qui produisent le corail sont des anthozoaires possédant constamment *huit* tentacules, *huit* replis mésentéroïdes, *huit* loges, etc. Les tentacules sont larges, aplatis et à bords dentelés (fig. 142). Aussi a-t-on donné au groupe entier le nom d'*Octatiniaires* (*octo*, huit). Parmi ces derniers, tous ne sont pas pourvus de squelette calcaire : les vérétilles (fig. 145), par exemple, sont disposés sur une tige ou polypier corné, simple et libre, qui est capable de s'enfoncer dans le sable ou la vase.



Fig. 145. — Vérétille couvert de ses Polypes.

Les animaux *coralliaires* qui produisent le *corail rouge du commerce* (fig. 142) sont portés sur des tiges arborescentes et ramifiées, hautes de 30 cent. environ, dont l'extrémité adhérente aux rochers acquiert l'épaisseur d'un doigt. L'axe pierreux est rouge ou rose et parfois blanc. Ces coralliaires vivent dans la Méditerranée, à une profondeur de 20 à 50 mètres, à proximité des côtes de Tunisie,

d'Algérie, de Sicile et de Sardaigne. On les pêche à l'aide de filets qu'on laisse traîner sur le fond.



Fig. 444. — Polypiers d'un Madréporaire ne formant pas de colonies (Caryophyllie).

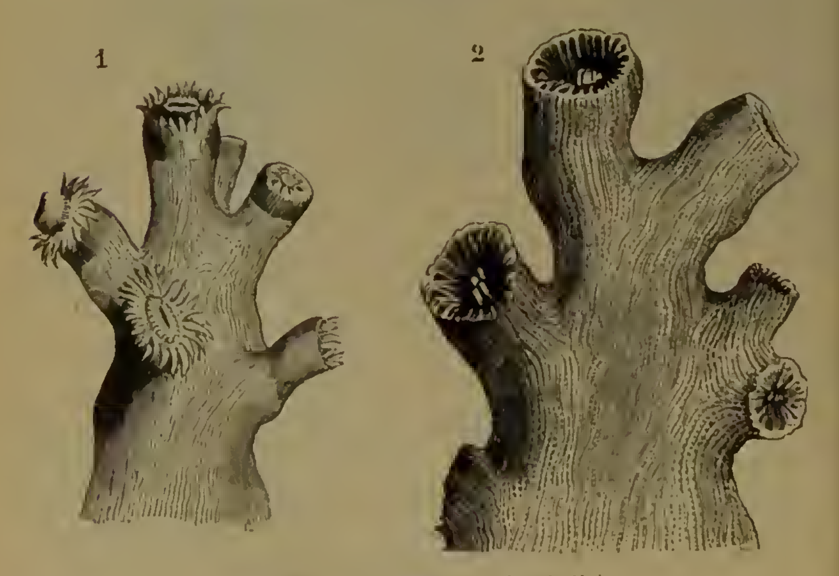


Fig. 445. — Coralliaire (dendrophylle).

1, rameau pourvu de ses Polypes. — 2, polypier dont les animaux ont disparu

Les autres anthozoaires sont pourvus de tentacules simples, formant une ou plusieurs couronnes autour de la bouche (fig. 456). Les formations dures, qui manquent chez les actinies, constituent chez la plupart un squelette solide réunissant de nombreux polypiers en une vaste colonie. On leur donne le nom générique de *madréporaires* (fig. 456), en raison des pores que présente le squelette.

Les Anthozoaires peuplent en quantité innombrable les mers chaudes; par leur multiplication rapide et l'édification des polypiers, ils ont joué et jouent encore un rôle considérable dans la formation de l'écorce solide du globe. Dans le voisinage des côtes, ils forment les massifs appelés *récifs de coraux* :

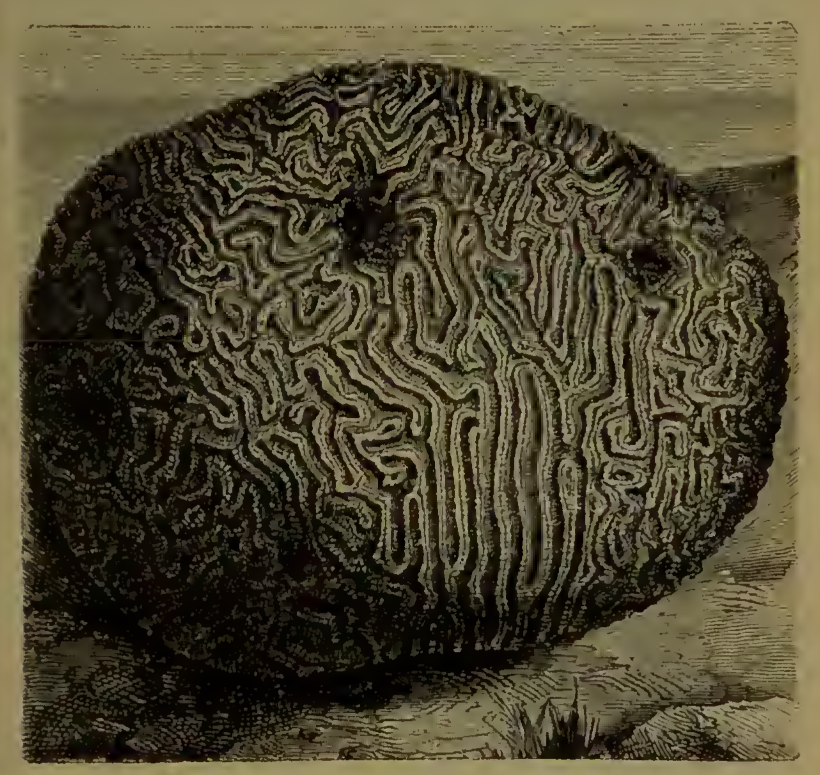


Fig. 446. — Polypier à calices confondus (Méandrine).

les *recifs côtiers* sont contigus aux côtes; les *barrières-récifs* sont éloignés et séparés des côtes par un chenal; les *atolls*, enfin, sont des couronnes de polypiers entourant un monticule sous-marin; on les nomme encore *îles madréporiques*, parce que le genre *madrépore* y abonde surtout. Elles sont nombreuses dans l'océan Pacifique.

Nous citons parmi les Cœlentérés les deux groupes suivants :

A. Cavité du corps simple (hydres et méduses). . . . . *Hydroméduses.*

B. Cavité du corps divisé en plusieurs loges par des replis longitudinaux. . . . . *Anthozoaires.*

C. — Spongiaires.

CONFORMATION. — On trouve dans l'eau douce des masses gélatineuses, fixées sur des pieux ou des morceaux de bois, et incrustées d'aiguilles de silice ou *spicules*. On les appelle *éponges* ou *spongilles*. D'autres éponges, vivant dans la mer, ne sont constituées que par la substance contractile qui a pris la forme de fibres résistantes (fig. 447) ; elles ne renferment pas de spicules. Débarrassées de la gelée qui les imprègne, ces spongiaires deviennent souples et élastiques et servent à former l'éponge usuelle du commerce.

D'autres éponges, enfin, renferment dans leur masse contractile des spicules *calcaires* ou *siliceux* en forme d'ancres, d'étoiles, d'aiguilles, etc. (fig. 449).

La forme, la consistance et la couleur des éponges sont des plus variables : ce



Fig. 447. — Éponge usuelle.

sont des corps tantôt aplatis, tantôt massifs, tantôt ramifiés, tantôt arborescents. Les éponges gélatineuses sont molles et transparentes ; les autres sont élastiques ou acquièrent une grande consistance, grâce à leur squelette siliceux ou calcaire. Parmi les éponges cornées, on en trouve des violettes, des bleues, des jaunes.

CONSTITUTION. — Quelle que soit la nature du squelette, les éponges sont constituées par un protoplasma de nature animale. En examinant une jeune spongille (fig. 449, E), on voit à la surface de son corps une quantité d'orifices ; ceux-ci sont de deux sortes, comme on s'en assure en mettant une poudre colorée dans l'eau. Les plus nombreux et les plus petits (*c*) laissent pénétrer l'eau dans le corps, tandis qu'elle en sort par une ouverture plus grande. Sur une section (fig. 449, B) passant par une grande ouverture appelée *oscule* (*osculum*, petite bouche), on voit que les orifices étroits, ou *pores inhalants*, donnent entrée à l'eau, qui circule dans des canaux, présentant de distance en distance des dilatations (*c*). Celles-ci sont dites *corbeilles vibratiles*, parce que leur intérieur est tapissé d'un épithélium à cils vibratiles, dont les mouvements font progresser l'eau dans le corps de l'éponge et la chassent vers l'oscule. L'eau amène ainsi à l'éponge l'oxygène et les particules alimentaires. Le protoplasma qui constitue les éponges est un assemblage de cellules. Celles-ci sont disposées sous la forme

d'une coupe (fig. 447) dont la cavité aboutit à l'oscule, tandis que l'extrémité close se prolonge en un pied, qui est fixé. La couche périphérique du corps se compose d'une substance hyaline, qui semble résulter de la fusion des cellules, mais qui reste élastique et contractile. La couche de protoplasma, qui revêt la cavité interne ou gastrique, présente des cellules distinctes, dont l'extrémité libre est munie d'un long cil, ou *flagellum* (*flagellum*, fouet), vibratile.

La division du travail semble, à certains égards, atteindre un degré supérieur chez les éponges : les cœlentérés n'ont qu'une ouverture pour l'entrée et la sortie des aliments, tandis que les canaux qui partent des pores inhalants, traversent le corps et aboutissent à la cavité centrale, transportent les matériaux respiratoires et nutritifs toujours dans le même sens.



Fig. 448. — Éponge (Gant de Neptune).

DÉVELOPPEMENT. — Les éponges se reproduisent par des œufs, qui prennent naissance dans le corps de l'éponge (fig. 449, A). Plus tard, l'œuf se divise et se transforme en une larve (fig. 450) constituée par un amas de cellules. Bientôt les cellules prennent une forme et un aspect différents aux deux pôles de la larve : le pôle inférieur *(c)* présente des cellules arrondies, tandis que le pôle supérieur *(d)* montre des cellules allongées en colonnes et munies de cils vibratiles. A cet état, la larve devient libre; elle est entraînée par le courant d'eau qui traverse l'éponge-mère. Nageant pendant quelque temps, la larve se fixe bientôt sur un corps étranger et se transforme en une masse, où se développent l'oscule et les pores inhalants.

A cet effet, les cellules du pôle, ou hémisphère inférieur, se divisent plus activement que celles de l'hémisphère supérieur; elles forment un rebord c[illegible]laire qui s'élève et enveloppe la masse de l'hémisphère supérieur, devenu ainsi intérieur, et tapissant plus tard la cavité centrale.

Le développement ne s'arrête pas là pour la plupart des éponges; la masse bourgeonne et donne naissance à un grand nombre d'individus pourvus chacun d'un oscule et de pores inhalants, mais ils continuent à communiquer par des canaux communs, munis de corbeilles vibratiles, de sorte qu'une éponge adulte représente une colonie d'individus. Quand les spicules auront pris naissance dans le corps, l'éponge sera complètement développée.

En résumé, on divise les éponges, d'après la consistance de leur corps et la

nature de leur squelette, en : 1° **gélatineuses**; 2° **fibreuses** ou **cornées**; 3° **siliceuses**; 4° **calcaires**.

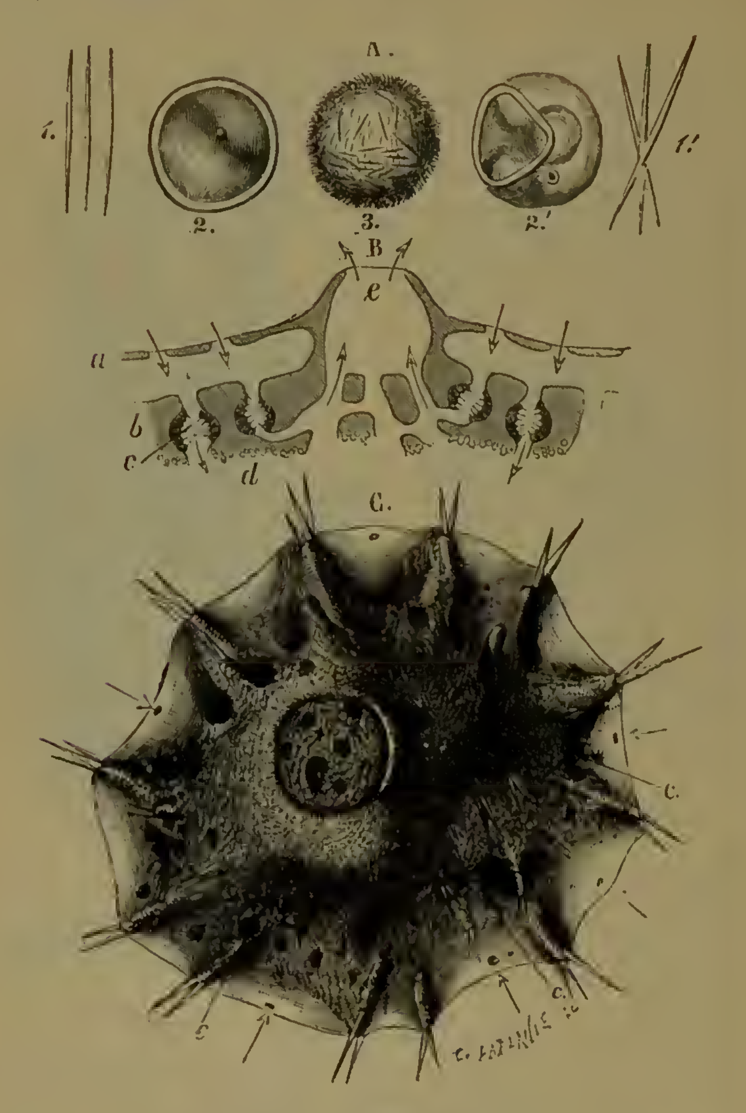


Fig. 149. — Spongille d'eau douce.

A, l'œuf; 2, 2′, son contenu; 1, 1′, les spicules. — B, coupe de l'Éponge. *a*, pores inhalants; *b*, canaux situés dans l'Éponge; *c*, corbeilles vibratiles *e*, oscule. — C, jeune Spongille.

A l'exception de la spongille, toutes les éponges sont marines. Elles ont apparu de bonne heure dans les mers; elles remontent aux premières for-

mations terrestres et ont continué à exister à toutes les époques géologiques bien que la craie montre les restes d'éponges les plus abondants.

Les Anciens connaissaient et pêchaient les éponges. Aristote parle de leur nature animale : il compare leur corps à une sorte de poumon se nourrissant de limon ; à cette époque déjà, on prétendait que l'éponge avait la faculté de sentir. Au XVIII[e] siècle, on découvrit les orifices qui existent sur divers points de sa surface ; mais jusque vers 1820 on pensait que la substance même de l'éponge n'était que la partie solide, ou squelette, logeant dans ses trous des animaux vivants, des polypes. Ceux-ci étaient la cause de l'espèce de frémissement qu'on ressent quand on les touche.

Vers 1825 seulement, on vit l'eau entrer dans les pores inhalents et sortir par les oscules. L'emploi du microscope démontra définitivement la nature cellulaire de la substance protoplasmique dont est composée la masse de l'éponge ; enfin, la découverte des cils vibratiles expliqua le mécanisme à l'aide duquel s'établissent les courants d'entrée et de sortie de l'eau.

Fig. 450. — Larve d'une Éponge calcaire.

c, cellules globuleuses de l'hémisphère inférieur; *d*, cellules, munies d'un flagellum, de l'hémisphère supérieur.

V. — PROTOZOAIRES

Ce sont des animaux de petite taille, dont le corps est formé par une masse ayant la valeur d'une cellule. Ils se subdivisent en plusieurs groupes.

A. — Infusoires.

A la fin du XVII[e] siècle, un observateur hollandais, Antoine de Leeuwenhoek, eut la curiosité d'examiner au microscope des *infusions*, c'est-à-dire de l'eau dans laquelle avaient séjourné des matières végétales ou animales en décomposition. Il y découvrit des animaux, invisibles aux yeux nus, les *infusoires*. Les figures 451 et 452 en représentent deux types. Le stentor (fig. 451) est formé par une masse protoplasmique allongée dont une extrémité est élargie en entonnoir, tandis que l'autre s'atténue et peut fixer l'animal.

CONSTITUTION. — Le corps est entouré d'une membrane recouverte de cils, servant à la locomotion. L'extrémité évasée et excavée conduit dans une ouverture, la *bouche*, *b*, *b*, fig. 455 : les cils qui garnissent le pourtour de la bouche sont plus longs et contribuent à amener à l'animal les particules alimentaires. Celles-ci ne sont pas contenues dans un canal à parois distinctes ; elles sont englobées dans la substance molle du corps et les résidus de la digestion sortent par un orifice particulier. Le tube digestif est donc seulement représenté par ses orifices d'entrée et de sortie. La figure 452 représente un autre infusoire, la vorticelle, pourvue d'un long pédoncule, qui renferme un muscle en tourbillon.

Le protoplasma de l'infusoire (fig. 451) renferme, outre les particules alimentaires (*e*), des vésicules (*c*), ou *vacuoles*, qui se contractent de temps en temps et chassent le liquide intérieur dans toutes les directions. Ces vésicules n'ont pas de paroi propre; elles semblent être des espaces creusés dans le protoplasma et représentent un appareil circulatoire rudimentaire.

Comme il ressort de cette description, nous sommes pour la première fois en



Fig. 451. — Stentor, infusoire cilié dont l'extrémité supérieure est dilatée en entonnoir et renferme la bouche.

c, vacuoles; *e*, noyau.



Fig. 452. — Vorticelles, infusoires fixés par un pédoncule contractile.

présence d'un être dont le corps représente une masse protoplasmique ayant la valeur d'une cellule unique. Cet être, notons-le, mène une existence libre et indépendante. Malgré la simplicité de la matière première, la portion périphérique du protoplasma est devenue une sorte de cuticule, plus ferme que la masse intérieure et donne une forme définie au corps; elle s'est recouverte de cils persistants et, en un ou deux points, elle a laissé une ouverture pour l'entrée des matières et la sortie des déchets. Des vacuoles temporaires apparaissent dans la masse intérieure et font circuler les liquides nutritifs.

Nous assistons là à une véritable division du travail se faisant dans une cellule unique. C'est un phénomène de développement qui rappelle l'élaboration des disques sombres et clairs dans le protoplasma de la cellule musculaire, et la formation du sarcolemme sur la périphérie (voir p. 11).

DIVISION DES INFUSOIRES. — Les eaux contiennent nombre d'infusoires. On les distingue d'après la disposition des cils : les uns ont le corps entièrement couvert de cils vibratiles; les autres ont des cils plus forts autour de la bouche; d'autres n'ont des cils que sur certaines parties du corps; d'autres encore sont nus, sauf autour de la bouche (vorticelles).

DÉVELOPPEMENT. — La substance protoplasmique renfermant un noyau,

l'infusoire semble avoir la valeur d'une cellule. Les infusoires se multiplient de deux façons : comme le montre la fig. 152, le noyau *n* se divise, puis le protoplasma s'étrangle par le milieu, et chaque moitié, munie de la moitié du noyau, forme un nouvel individu. Quand cette division s'est opérée successivement un certain nombre de fois, le protoplasma semble épuisé et incapable de former

A. *a*, *a*, rangée de cils ;

b, *b*, bouche en forme de fente ;

n, noyau placé à l'équateur et perpendiculaire au plan de division ;

m, *m*, *m*, petits corpuscules appelés *nucleoles* ;

e, particules alimentaires ;

c, *c*, vésicules contractiles ;

p, cils en forme de soies ou de crochets servant à la progression.

B. *n*, noyau isolé et très grossi ;

m, *m*, *m*, nucléoles très grossis.

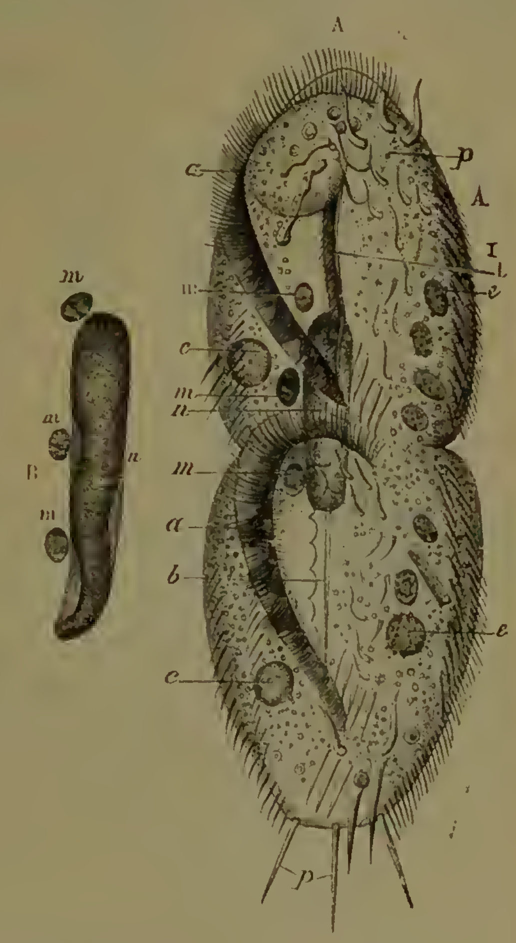


Fig. 155. — Infusoire cilié (*Stylonychia mytilus*) en voie de division (vu par la face ventrale).

de nouveaux individus par division : alors on voit deux infusoires se réunir, se fusionner ; ils semblent additionner leurs énergies : les deux noyaux se fondent en un seul, les deux protoplasmas se réunissent également en une masse unique, et il en résulte un individu reconstitué et rajeuni. Celui-ci sera de nouveau apte à donner naissance, par division, à de nouvelles générations d'infusoires.

B. — Rhizopodes.

Il existe dans la mer d'autres animalcules qui diffèrent des infusoires en ce que leur protoplasma n'est pas limité par une membrane d'enveloppe. Il est capable d'émettre des prolongements, qu'il fait rentrer plus tard dans la masse commune.

Les prolongements, ou filaments, ont été comparés à des pieds formant un chevelu de radicelles : d'où le nom de *Rhizopodes* donné au groupe (*rhiza*, racine ; *pous*, *podos*, pied).

DIVISION DES RHIZOPODES. — Parmi les rhizopodes, les uns ont un squelette formé d'aiguilles siliceuses (fig. 454 et 455). Celles-ci sont disposées sous forme

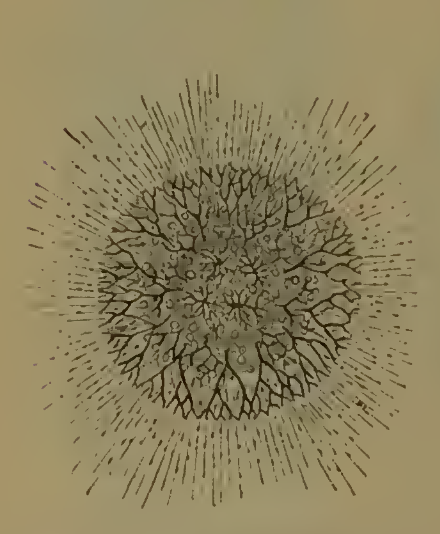


Fig. 454. — Radiolaire, très grossi et montrant : 1° des rayons de pseudopodes ; 2° une couche périphérique de protoplasma plus clair ; 3° une couche centrale, plus sombre (capsule centrale). Les traits foncés et ramifiés en bois de cerf représentant le squelette.

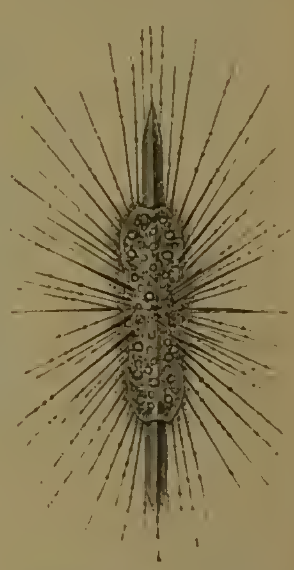


Fig. 455. — Autre Radiolaire, très grossi et montrant, outre les parties de la figure 454, une grosse aiguille siliceuse qui traverse le corps selon son grand axe.

de piquants qui rayonnent à partir du centre et constituent une charpente des plus élégantes. On donne pour ce motif le nom de **Radiolaires** (*radiolus*, petit rayon) à cette subdivision des Rhizopodes. Une vésicule membraneuse occupe le centre du corps ; on l'appelle *capsule centrale* : elle renferme, entre autres formations, un gros noyau.

Le corps des radiolaires étant formé d'un protoplasma groupé autour d'un seul noyau, ils représentent chacun un organisme unicellulaire vivant librement. Les aiguilles siliceuses sont une élaboration du protoplasma et constituent un véritable squelette. Ces aiguilles affectent des dispositions très variables : elles

sont arrangées en un réseau formant une sorte de coquille treillissée, ou bien les spicules traversent le protoplasma et la capsule centrale et semblent partir du centre comme autant de rayons.

Les radiolaires sont des animaux pélagiques, vivant à la surface ou dans la profondeur de la mer. Après leur mort, le test se conserve ; leur présence dans la craie fossile prouve qu'ils existaient longtemps avant l'époque actuelle.



Fig. 156. — Coquilles de Foraminifères.

D'autres rhizopodes (fig. 156) ont une carapace, ou test calcaire, percée d'orifices pour laisser passer les prolongements protoplasmiques : aussi les appelle-t-on **Foraminifères** (*foramen*, trou ; *fero*, je porte). Le test est une sécrétion du protoplasma ; il est formé de carbonate de chaux et de matière organique. Il

Fig. 157. — Morceau de calcaire à Foraminifères. Leur test calcaire a l'apparence d'une pièce de monnaie : de là le nom de *nummulites* (*nummus*, monnaie ; *lithos*, pierre).

présente les configurations les plus variées et peut être composé d'une seule chambre ou de plusieurs, disposées les unes à la suite des autres. Chez les foraminifères, le protoplasma n'élabore qu'un squelette périphérique et la masse interne est privée de spicules siliceux ou calcaires.

Ce squelette est une coquille opaque ou transparente; d'autres fois, il n'est composé que d'une substance protoplasmique, incrustée de particules de sable.

Aux époques antérieures (période tertiaire), des foraminifères, de la grosseur



Fig. 458. — Foraminifère, appelé *globigérine*, pourvu d'une coquille hyaline. Celle-ci présente de gros pores à travers lesquels passent les pseudopodes.



Fig. 459. — Foraminifère, appelé *difflugie*, dont le corps est en grande partie recouvert d'une coquille incrustée de corps étrangers; l'extrémité supérieure du corps présente quelques pseudopodes larges.

d'une pièce d'un sou, ont pullulé dans les mers, de façon à constituer par leurs dépôts des terrains d'une grande étendue (fig. 457).

La figure 458 représente un foraminifère à deux chambres percées de pores; le protoplasma émet de fins pseudopodes, rayonnants et ramifiés.

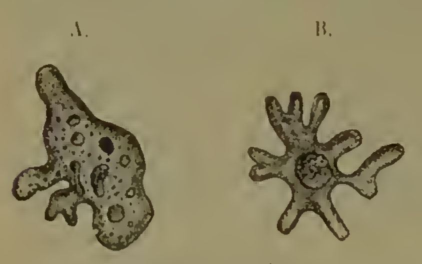


Fig. 160. — Amibes.

B. Amibe à pseudopodes rayonnant en tous sens. — A. même Amibe ayant rétracté la plupart des pseudopodes.

La figure 459 donne le dessin d'un foraminifère dont la coquille a une seule loge et dont la surface contient des particules calcaires. Les pseudopodes sont larges et branchus.

Dans leur jeune âge, les foraminifères n'ont qu'une seule chambre ou loge; en grandissant, le protoplasma ne peut plus s'y abriter et il sort en partie pour construire une seconde chambre. Plus tard, il en bâtira une troisième, puis d'autres encore. Ces chambres sont disposées en séries linéaires, en spires ou de maintes autres manières : de là résulte cette diversité de formes qu'on observe dans les coquilles des foraminifères.

Ces êtres si simples présentent une fixité de forme étonnante : dès les temps les plus reculés, plusieurs avaient une configuration identique à ceux qui vivent encore actuellement dans nos mers. Il y a des espèces qui ont persisté depuis des millions d'années sans que leur forme ait subi le plus léger changement. En un mot, malgré les variations du milieu extérieur et l'influence modificatrice des siècles, certains foraminifères restent les mêmes et ne montrent aucune tendance à se transformer.

D'autres rhizopodes sont complètement nus ; leur protoplasma constitue un



Fig. 461. — *Protomyxa aurantiaca* ayant capturé de nombreux Infusoires.

réseau à larges mailles ; il est hérissé de rameaux bifurqués de plus en plus ténus.

Enfin on trouve dans l'eau d'autres animalcules également nus, émettant des pseudopodes et possédant les propriétés d'un globule blanc du sang. Telles sont les **Amibes** (fig. 460, A et B).

En observant une amibe quelque temps, on la voit pourvue de pseudopodes sur toute la périphérie (B), puis, au bout de quelques minutes, elle rétracte ses pseudopodes d'un côté et allonge ceux du côté opposé. De cette façon, elle change à la fois de forme et de place. Elle se comporte, en un mot, comme les globules blancs que nous avons étudiés (p. 88).

Signalons une amibe, le *Protomyxa aurantiaca* (fig. 461), vivant dans la mer et étudiée par Hæckel aux Canaries. Son corps, teint en rouge orangé, est hérissé

de pseudopodes ramifiés, qui pêchent les animalcules microscopiques lui servant de nourriture. Pour se multiplier, le protomyxa rétracte ses pseudopodes, puis s'entoure d'une membrane de cellulose. Ensuite, après une période de repos, le protoplasma se divise en une série de corpuscules (fig. 462), qui en sortent et sont munis chacun d'un unique prolongement, le *flagellum* (*flagellum*, fouet). Il leur sert d'organe locomoteur; plus tard il disparaît et les pseudopodes apparaissent sur toute la périphérie du corps.



Fig. 462. — Protomyxa laissant échapper les jeunes, en forme de têtards munis d'un flagellum.

Certains êtres inférieurs sont pourvus toute leur vie d'un flagellum semblable; on les appelle les **Flagellés** ou **Flagellates**. Il y a des flagellates qui vivent en parasites dans le tube digestif et les organes urinaires de l'homme.

Je signale d'autres protozoaires parasites, dont le corps est formé d'une couche de protoplasma condensé à la surface : ce sont les grégarines, qui habitent le tube digestif et les viscères des vertébrés.

D'autres animalcules figurent des petites masses, grosses de trois dixièmes de millimètre et portant un appendice mobile. On les nomme noctiluques (*nox*, nuit; *lucere*, briller), parce qu'ils rendent, par les nuits calmes, la mer phosphorescente (fig. 463).



Fig. 463. — Noctiluques.

En résumé, les infusoires, les rhizopodes et les amibes ne sont pas constitués par une réunion de cellules, comme c'est le cas des autres animaux. Leur corps ne semble représenter qu'une seule cellule, ayant une existence indépendante. Ce sont des animaux unicellulaires, les plus simples qui existent. Aussi les réunit-on dans l'embranchement des *Protozoaires* (*protos*, premier; *zoon*, animal). Comme il résulte de la description précédente, ces animaux sont toujours dépourvus de système nerveux, de canal digestif et d'appareil circulatoire : toutes les parties de leur protoplasma sont aptes à remplir les fonctions de nutrition et de relation. Il n'y a plus, comme chez les animaux supérieurs, d'organes *localisés* servant constamment à un usage déterminé.

Les Protozoaires se divisent, en résumé, dans les groupes principaux suivants :

Forme du corps définie et entourée d'une membrane d'enveloppe.	Corps recouvert de nombreux cils.	*Infusoires ciliés.*
	Corps muni d'un flagellum. . . .	*Flagellés.*
Forme du corps variable.	Squelette.	*Rhizopodes.*
	Point de squelette.	*Amibes.*

DIVISION DU TRAVAIL

La revue rapide que nous avons faite de l'organisation des animaux et les comparaisons avec celle de l'homme nous permettent de saisir la façon dont les organismes se compliquent, tout en se perfectionnant, à partir des plus simples jusqu'aux mammifères.

I. Division du travail. — Chez les animaux inférieurs, dont le corps est formé d'une substance uniforme, toutes les parties de l'être sont capables de digérer, de respirer, de se nourrir, de sentir et de se mouvoir. Il n'y a pas d'organe spécial servant exclusivement à l'une ou l'autre de ces fonctions. Les amibes, les foraminifères, les infusoires, etc., nous en ont présenté des exemples multiples.

Si nous nous élevons aux éponges et aux cœlentérés, nous constatons qu'une portion de la surface du corps se creuse en coupe, et c'est dans cette excavation que se limitent les phénomènes digestifs et respiratoires. Mais il n'y a pas encore de sang, ni d'organes circulatoires ou respiratoires spéciaux, ni le plus souvent de système nerveux bien défini.

Chez les échinodermes apparaît un tube digestif distinct et séparé de l'enveloppe extérieure. Les articulés, les mollusques et les vertébrés, enfin, possèdent des appareils particuliers, dont l'un préside exclusivement à la digestion, un second à la respiration, un troisième à la circulation, un quatrième aux relations avec le monde extérieur, etc. Dans chaque appareil, le partage est poussé plus loin encore : dans le tube digestif, par exemple, la bouche reçoit et divise les aliments; l'œsophage livre passage au bol alimentaire, l'estomac les digère, l'intestin grêle les absorbe et le gros intestin évacue le superflu.

Il me semble inutile de récapituler les faits analogues que nous offrent les appareils de la circulation, de la respiration, de l'innervation, etc.

Il y a donc *division du travail* chez les êtres plus compliqués que nous appelons supérieurs; cette division du travail est accompagnée de progrès et de perfectionnement : chaque organe n'ayant qu'un usage s'acquitte mieux de sa tâche.

En résumé, *un organisme est d'autant plus parfait qu'il est le siège d'une plus complète division du travail physiologique.*

Tel est le principe de la *division du travail* qu'a établi le naturaliste français Henri Milne Edwards, vers le milieu du XIXe siècle. Cet auteur s'est servi d'une comparaison très juste et très heureuse pour mieux faire saisir la nature des complications qui distinguent les animaux supérieurs.

Les animaux les plus simples sont dans le même cas que les peuplades primitives : quand il n'y a encore ni commerce ni industrie, chacun pourvoit lui-même à son entretien. Chaque homme construit sa cabane, fait son vêtement, se nourrit du produit de sa pêche ou de sa chasse, fabrique ses meubles et ses outils; en un mot, chacun se pourvoit et se suffit à lui-même. Plus tard, quand la civilisation naissante pénètre dans ces peuplades, des échanges s'éta-

blissent entre elles, certains individus plus habiles construisent les uns les demeures, les autres les outils et insensiblement la division du travail amène un certain degré de perfection. Celui qui fait tous les jours la même besogne, la fait mieux qu'un autre qui se livre à divers travaux. Dans l'industrie, on applique journellement ce principe.

II. Différenciation des organes. — Si nous nous reportons aux phénomènes de développement (p. 6 et 7), nous assistons, pour ainsi dire, au mode suivant lequel s'établit la division du travail chez le jeune être. Les cellules, qui résultent de la segmentation de l'œuf, sont plus ou moins semblables; mais peu à peu elles changent de figure et de place : les unes se groupent pour bâtir le tube digestif, les autres forment la peau, d'autres encore le squelette, d'autres les muscles, etc. ; en un mot, elles prennent une autre configuration et remplissent un usage différent, elles se spécialisent et se *différencient*. La division du travail s'établit chez les animaux supérieurs, grâce à la spécialisation et à la différenciation des cellules. Je rappelle néanmoins qu'une certaine différenciation peut déjà avoir lieu chez des êtres, tels que les radiolaires, les foraminifères, etc., qui ne sont formés que d'une petite masse de protoplasma et d'un noyau. Règle générale, plus l'organisme est compliqué et élevé dans la série, plus nous voyons chaque fonction se localiser dans un appareil spécial, et cette localisation se fait, comme chez les protozoaires, par l'activité propre et la différenciation de la substance vivante, le *protoplasma*.

III. Corrélation des organes. — Selon le type animal dont l'œuf provient, les cellules et les amas cellulaires se disposent d'une façon particulière pour constituer les organes et les appareils. Aujourd'hui il ne nous est pas possible d'expliquer la cause prochaine de ce groupement spécial des cellules; nous sommes obligés de nous en rapporter aux phénomènes de l'*hérédité* (p. 2 et 550).

D'autre part, les appareils et les systèmes digestif, squelettique, nerveux, etc., montrent, chez divers types animaux, des parties qui se ressemblent plus ou moins, et qui paraissent se répéter. J'ai déjà parlé de la théorie des *zoonites* ou *métamères* (p. 300).

Nous avons vu (p. 174) que les membres thoraciques et abdominaux de l'homme et des vertébrés présentent des segments osseux qui offrent beaucoup d'analogie. On a fait de nombreux travaux pour prouver que les uns ne sont que la répétition des autres; en effet, comme ils sont terminés par cinq doigts ou orteils, on a cru qu'ils étaient formés des mêmes parties primitives, quoique modifiées par l'usage différent auquel ils servent.

Malheureusement, si un certain nombre de faits paraissent favorables à cette manière de voir, d'autres, non moins importants, doivent nous mettre en garde d'attacher trop d'importance à ces comparaisons et de croire à une simple répétition de parties semblables.

Nous avons vu (p. 226) que, chez l'homme en particulier, les membres abdominaux ne sont nullement la reproduction des thoraciques : malgré le même nombre de rayons digitaux qui terminent les uns et les autres, les abdominaux renferment des *masses musculaires plus puissantes et reçoivent plus de nerfs rachidiens*.

Ces différences trouvent une explication plus rationnelle dans la corrélation remarquable qui s'établit entre les divers organes. Chez les poissons, par exemple, le cœur reste situé dans la région du cou, c'est-à-dire au niveau des branchies, qui elles-mêmes se trouvent en arrière de la face. Chez les embryons de mammifères, le cœur et le poumon apparaissent également dans la région du cou, mais peu à peu ils descendent simultanément dans la poitrine. Chez les mollusques, nous voyons de même le cœur, quoique placé sur le trajet du sang oxygéné, rester dans le voisinage des branchies ou du poumon.

Chez tous ces animaux, les organes de la respiration sont localisés et les poches contractiles le sont également. Si, au contraire, les organes respira-

toires sont répandus par tout le corps, comme chez les insectes, ou forment des lamelles branchiales appendues sur la plupart des pattes thoraciques et abdominales, comme chez certains crustacés, un *canal dorsal contractile* se développe sur toute la longueur du corps.

Telles sont les relations que nous commençons à entrevoir; mais à l'heure actuelle toute généralisation serait hâtive. Depuis longtemps les anatomistes ont accordé une grande valeur à ces rapports, qui trop souvent ont été mal interprétés. Pour ce qui consiste le système nerveux, par exemple, Ampère et Étienne Geoffroy Saint-Hilaire, dans la première moitié du XIXe siècle, avaient remarqué que, s'il occupe une position *dorsale* chez les vertébrés, sa partie la plus volumineuse forme, chez les annelés, une chaîne *ventrale*. Ils en avaient tiré cette conclusion étrange que *le vertébré est un annelé retourné*.

Entre autres raisons, qui montrent l'exagération et la fausseté d'une pareille opinion, je ferai observer que, chez les annelés, la première portion du système nerveux, celle qui anime les organes des sens, est logée dans la tête, du côté *dorsal*.

Une étude plus complète a montré néanmoins que la position du système nerveux est en rapport avec la situation des muscles et des principaux organes des sens.

Chez certains *cœlentérés*, tels que les méduses, on voit apparaître des rubans musculaires à la face inférieure de l'ombrelle et des vésicules oculaires et auditives sur ses bords; c'est également sur le bord de l'ombrelle que se développe un nerf annulaire.

Chez les *échinodermes*, les bras et les ambulacres sont groupés autour de la bouche; les organes des sens rudimentaires apparaissent à la face ventrale des rayons; c'est également là qu'est disposé un anneau nerveux rayonné, muni de renflements ganglionnaires.

Chez les *annelés*, l'ouïe et la vue sont logées sur la face dorsale de la tête; le ganglion cérébroïde qui leur fournit les filets nerveux est également dorsal. Les principales masses musculaires sont, au contraire ventrales; aussi les centres nerveux du tronc figurent-ils une chaîne ventrale.

Chez les *mollusques*, le ganglion cérébroïde (quand la tête existe) est *dorsal*, et les ganglions qui innervent le pied et les viscères sont *ventraux*.

Chez les *vertébrés*, enfin, le système musculaire dérive (voir p. 501) de petites masses (*myomères*) situées de chaque côté de la gouttière, qui deviendra le canal médullaire : elles sont donc, à l'origine, placées du côté dorsal, tout comme la moelle et l'encéphale. Plus tard, une portion de ces masses s'étend et se porte du côté ventral, surtout vers les bourgeons naissants des membres. D'autre part, les parties essentielles des organes des sens (vue, ouïe, olfaction) sont des dérivés du système encéphalo-médullaire; ces organes des sens apparaissent et restent sur la face dorsale de la bouche et du pharynx. Ces faits prouvent que la partie centrale du système nerveux, ainsi que les principaux appareils sensoriels, prennent naissance et se trouvent situés du côté dorsal : il en est de même des organes actifs du mouvement.

Nous devons à M. Alexis Julien d'avoir mis les faits précédents en évidence et de les avoir résumés dans la formule suivante : *Il y a un rapport constant et direct entre la position des principaux centres nerveux et celle des principaux organes sensoriels et locomoteurs.*

En résumé, l'organisme se développe par l'activité propre de ses cellules, de telle façon que la forme et la situation de tel organe entraînent des modifications corrélatives dans les autres organes. Organes et appareils sont reliés les uns aux autres par des rapports constants; mais si ces rapports ont été déterminés pour les organes que nous venons de passer en revue, nous commençons à les entrevoir à peine pour la plupart des autres.

ORIGINES ANIMALES

PROBLÈME DE L'ESPÈCE

Nous avons vu p. 387 que l'idée d'*espèce* exprime celle d'une grande *ressemblance* extérieure entre une collection d'individus. A cette notion se rattache celle de *filiation*, c'est-à-dire de succession régulière, comme de père en fils. Quelles que soient les différences, apparentes ou réelles, qui distinguent les enfants d'un même père et d'une même mère, chacun est d'accord pour les regarder comme de même espèce.

Cependant, en remontant dans la série des temps, en a-t-il toujours été ainsi? En d'autres termes, les ancêtres des espèces actuelles ont-ils possédé la forme et les caractères des individus qui sont autour de nous?

C'est là une question à laquelle la métaphysique a donné de tout temps deux solutions contradictoires; mais aucune d'elles n'est susceptible d'une démonstration scientifique. Les uns prétendent que les espèces conservent les mêmes caractères à travers les siècles (fixité de l'espèce); les autres pensent que les individus actuels sont différents de ceux des temps passés (variabilité de l'espèce).

1° FIXITÉ DE L'ESPÈCE

Le médecin naturaliste suédois Linné a le premier, au XVIII[e] siècle, défini l'*espèce* comme un ou plusieurs êtres réels, sortis tout faits des mains du Créateur et qui ont donné naissance à tous les individus possédant les mêmes caractères. Il y a donc « autant d'espèces qu'il en fut créé primitivement ».

Cette opinion fut acceptée sans conteste, parce qu'elle était d'accord avec les traditions religieuses et le texte des législateurs les plus anciens. Chaque espèce avait été créée d'après un plan préconçu, de telle sorte que tous ses organes étaient parfaitement en rapport avec le genre de vie et le milieu auxquels l'animal était destiné. Cette hypothèse est appelée, pour ce motif, la doctrine des *causes finales* ou *doctrine téléologique* (*téléos*, fin, but).

Tandis que Buffon considérait le groupement des êtres, c'est-à-dire la *classification*, comme une invention de l'esprit, Linné et tous ceux qui l'ont suivi regardaient la classification comme le but de la science. Par l'étude de l'organisation des êtres, nous arrivons à les grouper dans un ordre tel, que les ressemblances et les différences se traduisent dans une classification qui tend à mieux exprimer la pensée du Créateur.

Cette doctrine, si simple en apparence, était loin de résoudre les difficultés. Cuvier, en décrivant les ossements des mammifères trouvés dans les couches terrestres, montra le premier qu'ils ne figurent pas des variétés des espèces actuelles, mais qu'ils appartiennent à des individus n'ayant plus de représentants dans le monde présent. Le cheval à trois doigts bien développés ou *hipparion* (p. 402), de même que les éléphants fossiles, étaient différents des espèces actuelles. On peut en dire autant des reptiles gigantesques (p. 426) qui ont précédé les espèces aujourd'hui vivantes. Ces faits ont obligé les naturalistes à modifier la doctrine primitive de la Création. Cuvier lui-même reconnut que les ossements fossiles provenaient d'espèces éteintes, et, pour expliquer les êtres actuels, il lui fallut admettre des révolutions de la terre détruisant les animaux d'une époque, puis suivies de la *création* nouvelle d'autres espèces. Telle est la *doctrine des destructions et des créations successives.*

2° VARIABILITÉ DE L'ESPÈCE

a. Doctrine de Lamarck.

A la fin du XVIII[e] siècle et au début du XIX[e], l'illustre naturaliste français Lamarck, professeur au Muséum, s'appuyant sur une étude approfondie des êtres vivants, osa s'élever contre cette manière de voir. « Nos espèces, dit-il, ne sont que des races mutables et variables qui le plus souvent ne diffèrent de celles qui les avoisinent que par des nuances difficiles à apprécier.... La nature n'a formé ni classes, ni ordres, ni familles, ni genres, ni espèces constantes, mais seulement des individus qui se succèdent les uns aux autres et qui ressemblent à ceux qui les ont produits. Or ces individus appartiennent à des races infiniment diversifiées, qui se nuancent sous toutes les formes et dans tous les degrés d'organisation, et qui se conservent sans mutation, tant qu'une cause de changement n'agit sur elles. »

On voit que Lamarck n'admet pas des *espèces* aussi anciennes que le monde ; il accorde à chaque espèce une durée limitée. Les espèces subsistent aussi longtemps que les conditions de milieu ne changent pas.

Les causes des changements dans les individus de l'espèce sont multiples : elles siègent dans les habitudes et la manière de vivre des animaux. Les *influences extérieures* modifient les formes et les organes des animaux ; l'*hérédité* a pour effet de fixer peu à peu les modifications produites.

« Ce n'est point, dit Lamarck, la forme soit du corps, soit de ses parties qui donne lieu aux habitudes et à la manière des animaux ; mais ce sont, au contraire, les habitudes, la manière de vivre et toutes les autres circonstances influentes qui ont, avec le temps, constitué la forme du corps et des parties des animaux. Avec de nouvelles formes, de nouvelles facultés ont été acquises, et peu à peu la nature est parvenue à former les animaux tels que nous les voyons actuellement. »

Des changements de forme peuvent donc subvenir sous l'influence des causes extérieures ; il en résulte des modifications de forme dans les organes de l'animal, et celles-ci se transmettent et se fixent par l'hérédité. Les descendants sont donc différents de leurs ancêtres et forment un groupe d'individus, c'est-à-dire une *espèce distincte*. Telle est, en résumé, la *doctrine de Lamarck*, appelée *transformisme*, à raison des transformations que subissent avec le temps les individus de même espèce. On lui donne encore le nom de *théorie de la descendance* ou *lamarckisme*.

b. Doctrine de Darwin.

Un demi-siècle après Lamarck, le médecin naturaliste anglais Ch. Darwin apporta de nouvelles observations à l'appui du transformisme, qui est souvent désigné depuis par le nom de *darwinisme*.

L'hérédité fixe les caractères des parents, comme l'a montré Lamarck, et les transmet aux descendants. Les variations que présentent ces derniers sont dues à diverses causes. Les éleveurs, en choisissant, pour la reproduction, les chevaux ou autres animaux domestiques qui présentent le plus d'avantages et de qualités, arrivent à créer des races particulières, plus utiles à l'homme. On donne le nom de *sélection artificielle* à ce choix intelligent (*seligere*, choisir). En choisissant des moutons à laine longue, on arrive à créer des races dont la toison est des plus productives.

Par ce choix judicieux, l'homme obtient des animaux présen-

tant des *variations individuelles* et des qualités qui lui sont les plus avantageuses.

Survivance du plus apte. — Des variations analogues se produisent dans la nature sous l'influence de causes diverses, telles que la nourriture, l'aptitude à se soustraire aux ennemis, à résister aux rigueurs du climat, etc.

Les herbivores les plus agiles à la course échappent seuls aux dents des carnivores ; parmi les individus de même espèce, les mieux doués *survivent* et ont des descendants possédant les mêmes qualités. Telle est la loi de la *survivance* du plus apte, c'est-à-dire de celui qui est le mieux adapté aux conditions d'existence.

L'exemple suivant, souvent cité, le montre : Dans nos pays, les coléoptères ont la plupart (voir p. 485) des ailes membraneuses sous les élytres et s'en servent pour voler. A l'île de Madère, 23 espèces de scarabées sur 29 ont les élytres soudés et sont, par suite, dans l'impossibilité de voler. Les scarabées de l'île de Madère sont à cet égard inférieurs aux nôtres. Mais, grâce à cette imperfection, ils sont moins exposés à la destruction, parce que les vents sont si violents dans cette île, que les individus qui se servent de leurs ailes sont emportés à la mer et périssent. L'inaptitude au vol est donc une condition de survie ; elle a produit la prédominance des scarabées aptères, dont la nature semble avoir fait un choix. On donne à ce fait, qui se produit dans la nature, le nom de *sélection* naturelle.

La sélection naturelle prépare donc la divergence des caractères et l'extinction des individus les moins bien doués pour le milieu où ils vivent.

La survivance du plus apte, d'une part, la fixation de ses formes et de ses qualités, d'autre part, amènent ainsi les individus et leurs descendants à différer de leurs ancêtres. Les organes de ceux-ci se simplifient ou se compliquent, selon le milieu ; mais, somme toute, les descendants possèdent une forme et des organes mieux en harmonie avec les conditions d'existence.

Preuves tirées du développement. — L'étude particulière des organes et de leur développement paraît apporter des arguments nouveaux à la doctrine transformiste et semble désigner un ancêtre commun à des espèces différentes. Nous avons vu (p. 2) que tous les vertébrés dérivent d'un œuf, qui se divise en cellules formant un embryon de forme et de structure analogues dans les divers groupes.

1° *Système nerveux.* — Le système nerveux des vertébrés (p. 221) commence partout sous la forme d'une traînée cellulaire provenant de la couche superficielle de la peau et formant un cordon médian qui occupe l'axe dorsal du corps. La moelle épinière conserve à peu

près la même forme partout, tandis que l'encéphale acquiert un développement d'autant plus compliqué qu'on a affaire à un animal placé plus haut dans l'échelle. Mais, quelle que soit la complication de l'encéphale humain, il passe par les stades successifs qui persistent à l'état définitif chez le poisson, le batracien, le reptile, l'oiseau et les autres mammifères.

2° *Squelette.* — Le *squelette* apparait chez tous les vertébrés à l'état de corde dorsale (voy. p. 186); chez l'*Amphioxus*, il s'arrête à ce stade. Chez d'autres vertébrés, le rachis membraneux devient persistant, en élaborant dans son intérieur une série de segments *cartilagineux*. Ceux-ci restent à cet état chez les poissons cartilagineux (raie, requin). Chez les vertébrés supérieurs, les pièces cartilagineuses sont elles-mêmes remplacées par des parties osseuses.

Les extrémités ou membres des vertébrés nous offrent un exemple analogue. Partout les membres débutent par des bourgeons ayant la forme de palettes. Chez ceux qui mènent une existence aquatique, les palettes deviennent des rames natatoires à rayons nombreux (poissons), ou englobés dans une masse commune (baleine, dauphin), ou à doigts distincts, mais réunis par une membrane (phoque). Chez les chauves-souris, à vie aérienne, les rayons s'allongent davantage et supportent une membrane d'une grande étendue.

Chez les Oiseaux, les membres thoraciques sont terminés par une sorte de moignon, que les productions épidermiques (plumes) transforment en une aile capable de les soutenir et de les faire progresser dans le milieu aérien.

Chez les Mammifères, l'ébauche des membres est la même partout, mais les doigts s'entourent d'un étui corné quand les extrémités ne servent que de colonnes de sustentation ; leur nombre se réduit chez la plupart de ceux qui sont aptes à se soustraire à leurs ennemis par la fuite. Chez les autres, les doigts s'arment d'ongles et de griffes et servent d'armes offensives et défensives ou d'organes du toucher.

En un mot, tous les membres ont un point de départ commun, la *palette*; mais, selon le milieu où vit l'animal et l'usage qu'il fait de ses membres, le développement se fait dans une direction différente. L'évolution a lieu selon un mode variable en ce qui concerne non seulement le squelette, mais les productions épidermiques.

3° *Organes rudimentaires.* — A. *Appareil respiratoire.* — L'appareil respiratoire offre un autre exemple remarquable qui plaide en faveur de l'origine commune des divers vertébrés. Le poisson et le jeune têtard de grenouille sont pourvus d'organes respira-

toires aquatiques, les *branchies*. Celles-ci persistent chez le poisson et chez quelques batraciens. Mais, chez la grenouille, les branchies s'atrophient, et un diverticule du tube digestif, le *poumon*, les remplace à l'état adulte. Les vertébrés supérieurs respirent toujours au moyen de poumons. Cependant les Reptiles, les Oiseaux et les Mammifères possèdent, à l'état embryonnaire, sur les côtés du pharynx, une série d'arcs, séparés par des sillons et même des fentes. Ce sont les ébauches des branchies, ne servant jamais à la respiration. Elles sont là comme des témoins rappelant les stades par lesquels ont passé les ancêtres de ces animaux. On donne à ces sortes d'organes le nom d'*organes rudimentaires*, ne fonctionnant plus, mais ayant fonctionné chez les ancêtres qui avaient respiré non l'oxygène de l'air, mais l'oxygène dissous dans l'eau (voir p. 341).

Ces quelques exemples suffisent pour montrer que les vertébrés supérieurs passent, *temporairement*, mais *rapidement*, pendant leur vie embryonnaire, par les états successifs que nous trouvons à l'*état persistant* dans les vertébrés inférieurs.

B. *Organe visuel*. — La *glande pinéale* (voir p. 340) est un autre exemple remarquable d'*organe rudimentaire*. Elle sert à la vision chez certains vertébrés inférieurs, mais elle a perdu cet usage chez ceux où le cerveau la recouvre.

Les organes rudimentaires ne servent à rien. De pareils organes sont uniquement dus à l'hérédité et se rapportent à quelque ancêtre qui possédait l'organe en plein développement et où il remplissait un usage. Ce sont des organes qui sont rudimentaires eu égard à la fonction originelle.

Formes de passage. — Rappelons encore les êtres dont le corps réunit des organes existant séparément dans deux groupes voisins; ils semblent ainsi constituer des formes de transition ou de passage d'un groupe à l'autre : les *dipnés*, qui relient les Poissons aux Batraciens (voir p. 445); les Batraciens, dont l'organisation est en partie celle des Reptiles (voir p. 432); l'*archéoptéryx*, cet oiseau-reptile des temps géologiques; les *monotrèmes* (voir p. 409), qui aujourd'hui encore servent de transition entre les Oiseaux et les Mammifères.

Afin de donner une idée plus complète encore des variations qui se sont produites dans les formes animales, il me semble intéressant de développer les exemples suivants :

Au début des âges tertiaires vivait un animal appelé *paléothérium* : c'était un ongulé à trois doigts complets, qui ressemblait à nos tapirs actuels. Chez cet animal, le doigt du milieu était un peu plus fort que les deux latéraux. A l'espèce paléothérium suc-

céda l'*auchithèrium*, dont les proportions furent moins massives et chez lequel les doigts latéraux, toujours complets, étaient bien plus petits que le doigt du milieu. L'anchithérium fut remplacé plus tard par l'*hipparion* (p. 402), chez lequel les doigts latéraux se réduisaient davantage et ne touchaient plus à terre, bien qu'ils fussent complets ; le doigt du milieu se fortifiait par contre et était plus allongé. Enfin, à l'hipparion succéda le *cheval*, chez lequel un seul doigt se développe énormément, pendant que les doigts latéraux ne sont plus représentés chacun que par un stylet osseux, le métacarpien, ou représentant le métatarsien atrophié.

Ces exemples, qu'il serait aisé de multiplier, montrent que les ongulés fossiles qui se sont succédé dans le temps constituent une série de formes variant avec l'époque et se continuant sans interruption des ongulés les premiers apparus jusqu'aux ongulés actuels. Si, par la pensée, nous rattachons les unes aux autres les formes animales, qui différaient par des détails d'organisation secondaires, nous formons des *espèces* distinctes, descendant les unes des autres, et nous pouvons mettre leurs variations sur le compte du *milieu* et des *besoins*. De cette façon, nous arrivons à conclure que le monde animal constitue un enchaînement de formes organiques qui sont descendues les unes des autres.

Autre exemple emprunté aux invertébrés : Les *huîtres* et les *moules* ont apparu de bonne heure et ont laissé dans les couches géologiques leurs coquilles fossiles; or celles-ci possèdent une configuration fort différente selon l'époque. Mais, si nous comparons des séries de ces coquilles trouvées dans les terrains superposés, nous voyons que des modifications graduelles et successives se sont produites dans la forme de l'animal. Par ce procédé comparatif, nous pouvons établir une sorte de filiation entre les coquilles d'huîtres et de moules des temps passés et celles des espèces actuelles.

C'est ainsi que l'on conçoit une évolution lente et progressive du monde animal : les formes anciennes se sont modifiées et ont été remplacées par les formes actuelles. Comme tout cela s'est produit avant l'apparition de l'homme sur la terre, nous sommes réduits à invoquer deux sortes d'influences ayant provoqué ces changements : d'une part, les circonstances extérieures (climat, etc.), qui ont exercé leur action modificatrice pendant des millions d'années; d'autre part, la façon dont la matière vivante ou protoplasma des animaux s'est prêtée et adaptée aux conditions d'existence.

Nous pouvons étudier et connaître à fond les fossiles, comparer leurs ressemblances et leurs différences; il nous est possible de les restaurer et de les faire revivre, par la pensée; mais, quand il

s'agit de les relier les uns aux autres, nous soupçonnons à peine les conditions multiples des transformations animales. Nous sommes loin de pouvoir déterminer la part qui revient, dans ces variations de forme, à l'*adaptation* ou à l'*hérédité*.

L'observation directe, la seule véritablement scientifique, qui est de rigueur quand il s'agit du monde actuel, n'est pas applicable à ces êtres disparus. A cet égard, nous sommes par trop souvent obligés de nous contenter de *considérations d'ordre littéraire*, qui expliquent suffisamment les divergences d'opinion et les tableaux différents que les auteurs présentent de la filiation des êtres.

Les faits précédents montrent la parenté étroite des animaux vertébrés. Mais quel est l'ancêtre commun? Est-il unique ou multiple? L'amphioxus est-il un descendant perfectionné ou dégénéré de cet ancêtre? Nous avons vu que l'amphioxus est le seul vertébré qui soit dépourvu de tête, et partant d'encéphale. Mais a-t-il perdu sa tête en route ou bien attend-il l'occasion favorable d'en avoir une? C'est là un problème qui, à l'heure actuelle, donne lieu tous les ans à la production de plusieurs volumes.

Les opinions sont encore plus variées quand il s'agit d'établir la filiation des mollusques, des articulés, des vers, etc.

Tout cela montre combien nous sommes loin de pouvoir dresser un tableau de la descendance des divers animaux; avouons même que, depuis l'apparition de l'homme sur la terre, nous n'avons pas un seul exemple authentique prouvant la formation d'une nouvelle espèce, soit plus complexe, soit plus simple.

A côté des exemples précédents, qui semblent indiquer la transformation lente des formes organiques, il convient cependant de rappeler que les *foraminifères* (p. 534) assistent, immuables, à l'évolution du monde organique et continuent à construire aujourd'hui des coquilles de même forme que celles qu'ont édifiées leurs ancêtres il y a des millions d'années.

Certains brachiopodes (p. 479), appelés *lingules*, qui ont apparu aux époques géologiques les plus anciennes, sont encore représentés dans les mers actuelles par des espèces semblables.

Jusqu'ici nous sommes restés sur le terrain des faits; mais quelle est l'origine du premier animal? C'est se payer de mots que de dire qu'il a pris naissance de toutes pièces aux dépens de la matière brute. Hâtons-nous d'ajouter que certains partisans des plus convaincus de la descendance le font néanmoins sortir des mains d'un Créateur. Pour ceux-ci, les transformations qui se sont accomplies depuis l'apparition des premiers êtres vivants sur la terre ne sont que l'expression du plan conçu dès l'origine par

l'Auteur du monde. Mais ici nous sortons du domaine de la science, c'est-à-dire des connaissances positives et vérifiables, pour entrer dans celui de la foi.

Quels que soient les résultats des recherches futures, la conformation et la structure des animaux permettent d'établir un certain nombre de divisions ou de groupes principaux, de plus en plus parfaits à mesure qu'on s'élève des êtres les plus simples jusqu'aux plus compliqués.

Tous les animaux proviennent de cellules. Celles-ci, ou leurs dérivés, forment les individus ; mais la façon dont ces éléments se disposent avec les progrès du développement est variable, de sorte que la conformation du corps et des organes est différente. En tenant compte des caractères dominants et des rapports réciproques des organes, on peut ramener la plupart des animaux aux types suivants :

Animaux dont le corps tout entier n'a que la valeur d'une cellule : animaux unicellulaires.	A. PROTOZOAIRES.	
Animaux dérivant d'un germe ayant la valeur d'une cellule (ovule) ; celle-ci se divise et donne naissance à une colonie de cellules ou de dérivés cellulaires constituant les organes : animaux multicellulaires.	B. MÉTAZOAIRES.	I. *Rayonnés.* II. *Annelés.* III. *Mollusques.* IV. *Vertébrés.*

TABLE DES MATIÈRES

ANATOMIE ET PHYSIOLOGIE ANIMALES

ANATOMIE ET PHYSIOLOGIE DU CORPS HUMAIN

PREMIÈRE PARTIE

ORGANISATION DE L'HOMME

FONCTIONS DE NUTRITION

APPAREIL URINAIRE

APPAREIL LOCOMOTEUR

FONCTIONS DU CERVEAU

ORGANES DES SENS

DEUXIÈME PARTIE

ORGANISATION ET CLASSIFICATION DES ANIMAUX

I. — VERTÉBRÉS

II. — MOLLUSQUES

TUNICIERS — BRYOZOAIRES — BRACHIOPODES

III. — ANNELÉS

IV. — RAYONNÉS

V. — PROTOZOAIRES

DIVISION DU TRAVAIL

ORIGINES ANIMALES

PROBLÈME DE L'ESPÈCE

PLANCHES EN COULEUR

TABLE ALPHABÉTIQUE

A

1. Au point de vue du développement de nos connaissances, il est plus important de considérer la période d'activité scientifique que la date de la naissance ou de la mort des auteurs.

D

E

T

Z



21762. — Imprimerie LAHURE, 9, rue de Fleurus, à Paris.